

聴覚障害者のメロディー認知に影響を与える音楽  
的要素に関する調査

筑波大学

人間総合科学学術院人間総合科学研究群

情報学学位プログラム

2022年03月

三井 颯人

# 聴覚障害者のメロディー認知に影響を与える音楽的要素に関する調査

## Effects of Pitch and Rhythm Modifications on Melody Perception of Hearing-Impaired People

氏名：三井 颯人  
Mitsui Hayato

聴覚障害者が音楽を構成する要素を理解することは、心に彩りをもたらすだけでなく、複雑な音像によって成り立つ日常生活の状況把握にも役立つ可能性がある。聴覚障害が引き起こす聴こえの変化や、補聴器や人工内耳の技術的特性、制約は、健聴者と比較して音楽の認知に困難をもたらす。それでもなお、先行研究から、聴覚障害者が音楽のメロディー、リズムといった要素を認知、識別する能力は健聴者より低いものの有しており、音楽を楽しむ聴覚障害者が数多く存在することがわかっている。しかしながら、それらの実験で用いられた音楽は単純な音列が多く、一般的に聴かれる音楽との乖離が大きい。

そこで、本研究では、ポピュラー音楽のメロディーの一節をピアノで演奏した音声刺激を作成し、ピッチ、リズムを一部変化させた選択肢から、正解と同一のメロディーを選ぶ実験を実施した。実験の結果、聴覚障害者はメロディーのリズムの変化については比較的高い精度で弁別できることが分かった。メロディーのピッチの変化についても、音高の上下行の概形の違いについては判別できていた。ただし、メロディー構成音の半音単位の変化については判断に時間を要し、正答率が低下した。特に、人工内耳装用者については、ほぼ判別ができていなかった。また、実験の正答率は実験参加者の聴力レベルと負の相関があった。その一方で、音楽鑑賞頻度が高いほど正答率が高くなる傾向もあり、聴力レベルに対して高い正答率の参加者も存在した。特に、メロディー内のリズムの細かな差異を認知する能力については、音楽を頻繁に聴くことが向上に役立つ可能性が示唆された。

主研究指導教員：寺澤 洋子  
副研究指導教員：平賀 譲

# 目次

<b>第1章</b>	<b>はじめに</b>	<b>1</b>
1.1	背景	1
1.1.1	聴覚障害	1
	平均聴力レベル	1
	聴覚障害の分類、補装具	2
	補聴器、人工内耳が聴こえにもたらす影響	2
1.1.2	聴覚障害者と音楽	2
1.1.3	聴覚障害者の音楽認知	3
	メロディーのピッチ弁別	3
	音楽のリズム認知	4
	総合的な音楽認知	4
1.2	本研究の位置づけ	4
1.2.1	先行研究のまとめ	4
1.2.2	本研究の目的	5
1.3	本論文の構成	5
<b>第2章</b>	<b>予備実験</b>	<b>6</b>
2.1	実験概要	6
2.2	実験デザイン	6
2.2.1	予備実験のメロディー変化条件	6
	ピッチ変化条件	6
	リズム変化条件	8
2.2.2	音声刺激の作成方法	8
2.3	実験条件	9
2.3.1	実験参加者	9
2.3.2	実験環境	9
2.3.3	実験アプリケーション	9
2.3.4	実験手続き	10
2.4	予備実験結果	10
2.4.1	考察	11
<b>第3章</b>	<b>本実験</b>	<b>12</b>
3.1	実験概要	12
3.2	実験デザイン	12
3.2.1	本実験のメロディー変化条件	12
	ピッチ変化条件	12
	リズム変化条件	13

3.3	実験条件	13
3.3.1	実験参加者	13
3.3.2	実験環境、手続き	14
3.4	分析	14
3.4.1	分析手法	14
<b>第4章</b>	<b>結果</b>	<b>16</b>
4.1	被験者、条件バリエーション別の正答率	16
4.2	分散分析	16
4.2.1	回答と各要素の分析	16
	条件バリエーション	16
	回答	16
	回答時間、再生回数	17
4.2.2	実験参加者と各要素の分析	17
4.2.3	条件バリエーションと設問アンケート回答の分析	18
4.2.4	楽曲と設問アンケート回答の分析	18
4.3	前後アンケート内容との関係	18
4.3.1	聴力レベルとメロディー変化条件の関係	18
4.3.2	回答時間と再生回数	19
4.3.3	使用機器、聴取機器との関係	22
	正答率	22
	条件バリエーション別の回答時間、再生回数	22
4.3.4	音楽に関する習慣と正答率の関係	22
<b>第5章</b>	<b>考察</b>	<b>31</b>
5.1	実験条件	31
	リズム変化条件	31
	ピッチ変化条件	31
	総合	32
5.1.1	設問アンケートの回答内容	32
5.1.2	楽曲選定、作成した音声刺激の妥当性、影響	33
5.2	実験参加者の特性	35
5.2.1	平均聴力レベル	35
5.2.2	回答時間、再生回数	36
5.2.3	音楽習慣、経験	36
<b>第6章</b>	<b>まとめ</b>	<b>38</b>
6.1	結論	38
6.2	今後の展望	38
	謝辞	40
	参考文献	41
	付録A 実験参加同意書	43

付録B 実験プログラムの実行画面	45
付録C 事前、事後アンケート	48

# 目次

2.1	予備実験のピッチ条件の譜例（原曲：さよならエレジー [22]）	7
2.2	予備実験のリズム条件の譜例（原曲：3月9日 [23]）	8
2.3	サンプルセクションのメロディーの楽譜（オリジナル楽曲）	11
3.1	本実験のピッチ条件の譜例（原曲：さよならエレジー [22]）	13
3.2	本実験のリズム条件の譜例（原曲：3月9日 [23]）	13
4.1	各参加者メロディー変化条件別の正答率、平均聴力レベルのプロット	20
4.2	参加者別の回答時間の箱ひげ図	20
4.3	参加者別の再生回数の箱ひげ図	20
4.4	回答時間と再生回数の散布図 <sup>1</sup>	21
4.5	聴力レベルと回答時間の散布図 <sup>2</sup>	21
4.6	聴力レベルと再生回数の箱ひげ図 <sup>3</sup>	23
4.7	使用機器別の総合正答率	23
4.8	ピッチ条件全体における使用機器別の正答率	24
4.9	リズム条件全体における使用機器別の正答率	24
4.10	ピッチ条件1における使用機器別の正答率	25
4.11	ピッチ条件2における使用機器別の正答率	25
4.12	リズム条件1における使用機器別の正答率	26
4.13	リズム条件2における使用機器別の正答率	26
4.14	ピッチ条件1における音楽聴取頻度別の正答率	27
4.15	ピッチ条件2における音楽聴取頻度別の正答率	27
4.16	リズム条件1における音楽聴取頻度別の正答率	28
4.17	リズム条件2における音楽聴取頻度別の正答率	28
5.1	設問アンケート「曲を知っているか」の回答と正答率	33
5.2	設問アンケート「回答に自信があるか」の回答と正答率	34
5.3	設問アンケート「メロディーは聴き取りやすかったか」の回答と正答率	34
A.1	実験参加同意書	44
B.1	実験の音声刺激提示、選択画面	46
B.2	実験の設問アンケート択画面	47
C.1	事前アンケートフォーム	49
C.2	事前アンケートフォーム	50
C.3	事前アンケートフォーム	51
C.4	事前アンケートフォーム	52
C.5	事前アンケートフォーム	53

C.6	事前アンケートフォーム	54
C.7	事後アンケートフォーム	55
C.8	事後アンケートフォーム	56
C.9	事後アンケートフォーム	57

# 表 目 次

1.1	聴力レベルによる聴覚障害の分類	1
2.1	使用した楽曲の一覧	7
2.2	予備実験のメロディー変化バリエーション	7
2.3	予備実験の実験参加者	9
2.4	設問後のアンケート項目	10
2.5	予備実験のセクション別正答率	10
3.1	予備実験のメロディー変化バリエーション	12
3.2	本実験の実験参加者	14
4.1	本実験の条件別正答率	16
4.2	回答と各要素の ANOVA	17
4.3	回答と条件バリエーションの多重比較	17
4.4	条件バリエーション別の回答時間、再生回数の基本統計量	18
4.5	条件バリエーションと回答時間、再生回数の ANOVA	18
4.6	回答時間と条件バリエーションの多重比較	19
4.7	再生回数と条件バリエーションの多重比較	19
4.8	実験参加者と各要素の ANOVA	22
4.9	浄華バリエーションと設問アンケート内容の ANOVA	22
4.10	条件バリエーションと回答の自信度の関係	29
4.11	楽曲と設問アンケート項目の ANOVA	29
4.12	平均聴力レベルと正答率の相関係数	29
4.13	回答時間と再生回数の基本統計量	29
4.14	使用機器と正答率の t 検定	30
4.15	使用機器と条件バリエーション別の回答時間、再生回数の t 検定	30
4.16	音楽聴取頻度と正答率の ANOVA	30
5.1	楽曲別の平均正答率	35
5.2	楽曲別の平均認知度	36

# 第1章 はじめに

## 1.1 背景

### 1.1.1 聴覚障害

聴覚障害は、正常な状態よりも聴力が低下することにより、日常生活やコミュニケーションに困難を生じさせる障害を指す。文部科学省は、聴覚障害を「身の周りの音や話し言葉が聞こえにくかったり、ほとんど聞こえなかったりする状態」としている [1]。

厚生労働省による調査 [2] によれば、身体障害者手帳を所持する聴覚障害者は、日本国内に約 31 万人存在する。

聴覚障害の要因には、先天性の疾患、後天的な疾患、長期間かつ大音量の騒音、加齢などが挙げられる。この中でも先天性、もしくは幼少期に生じた聴覚障害については、言語や認知機能の発達に大きな影響を及ぼすため、新生児のスクリーニングや、特別支援教育が行われている。

#### 平均聴力レベル

聴覚障害の程度を表す指標として、平均聴力レベルが用いられる。平均聴力レベルは、特定の数種類の周波数の純音の聴力レベルを、所定の数式で平均化したものになる。日本聴覚医学会によると、日本では ( 聴力レベル (500Hz) + 2 \* 聴力レベル (1000Hz) 聴力レベル (2000Hz) ) / 4 が用いられることが多い [3]。聴力レベルは、オーディオメーターという機器で計測される。

聴力レベルの基準は 0dB で、値が大きいほど、その大きさの音出ないと聴くことができない、すなわち聴力が低下していることになる。WHO による、平均聴力レベルによる聴覚障害の程度の分類を表 1.1 に示す [4]。

表 1.1: 聴力レベルによる聴覚障害の分類

分類	平均聴力レベル	聞こえ
障害なし	25dB 以下	ささやき声を聞き取れる
軽度	26-40dB	1m 先の通常の発声の発話内容を聞き取れる
中度	41-60dB	1m 先の大声の発話内容を聞き取れる
高度	61-80dB	耳元の叫び声を聞き取れる
重度	81dB 以上	音声言語を聴き取ることが困難

## 聴覚障害の分類、補装具

聴覚障害は障害が生じている部位によって、伝音性難聴と感音性難聴に大別される。伝音性難聴は、物理現象としての音である空気の振動を拾い増幅する外耳、中耳、内耳の経路が正常に機能していないために生じる。感音性難聴は、内耳に到達した振動を電気信号に変換し、聴覚神経を通じて大脳で音として知覚される過程に生じる障害である。伝音性難聴と感音性難聴が同時に生じている場合は、混合性難聴と呼称される。

聴覚障害者の聴き取りを補助する補装具として現在主に用いられているものは、補聴器と人工内耳である。

補聴器は、マイクロフォンで音声を増幅し、音声の聞き取りを補助する。増幅は電氣的、もしくは電子的に行われ、増幅幅や周波数特性などは装用者の聴覚障害の症状に応じて調整される。

人工内耳は、内耳で振動を電気信号に変換する器官である蝸牛に電極を埋め込み、周波数と音圧レベルに応じた電流を流すことで、聴神経に刺激を伝達する。人工内耳は、蝸牛の正常な機能が失われた、感音性難聴者に対して適用される。補聴器による聞こえの改善がみられない場合でも、人工内耳の装用とリハビリテーションによって、言葉の聞き取りが可能になるケースが多い。

## 補聴器、人工内耳が聴こえにもたらす影響

ただし、補聴器、人工内耳の双方とも、装用すれば健聴者と同様の聴力を得られるわけではない。音を電氣的に変換していることや、内外耳の特性の変化を完全に補うことができないことがその要因である。特に人工内耳は、技術的な制約から、周波数弁別能が大きく低下する。

太田らによれば、蝸牛は約 4000 個の有毛細胞で可聴域の音を分割しているのに対して、人工内耳の電極数は 20 程度のため、その数量の違いが、人工内耳の周波数弁別能に限界をもたらしているという [5]。また、Marozeau は、人工内耳の信号パルスは 500 から 900Hz 程度であり、単純なリズムパターンの認識には支障がないものの、音楽の複雑なリズムやグループの認知への影響があるかは不明としている [6]。

Sucher らは、健聴者と人工内耳装用者を対象に、1 半音と 6 半音の音高差がある音のペアを順位付けする実験を行った [7]。人工内耳装用者の正答率は 1 半音で 49%、6 半音で 60% で、健聴者より 3 割ほど低かった。

ただ、人工内耳の技術や、それを取り巻く環境は年々向上している。保険適用範囲の拡大により、両側に人工内耳を装用する事例が大幅に増加した [8]。また、低周波の聴力が残っている患者に対して、低音は補聴器および裸耳で、高音は人工内耳で聴き取る残存聴力活用形人工内耳も開発されている [9]。

補聴器装用者においても、音楽活動のような状況下では、補聴器による影響がみられる。Greasly らは、補聴器装用者に対し、音楽聴取に関する質問紙調査を実施した [10]。補聴器装用者は、大音量時の音の歪み、音のフィードバック、特定のピッチが分からないといった問題が発生することがあると回答している。

### 1.1.2 聴覚障害者と音楽

聴覚障害者向けの補装具や特別支援教育によって最も解決されるべき課題は、単独の話者の会話を理解し、音声コミュニケーションを円滑にすることにある。しかし、現実社会に

において人間は複数人の会話、報知音、環境音など、複雑な音像に取り囲まれている。複数の様々な音源を把握し、その内容を認識することは、周囲の状況把握や危険の察知を助ける重要な情報となりうる。

音を用いた人間の文化活動に、音楽がある。音楽は歌声や楽器音など、多用な音源が調和することで成り立っている。複数の音の連なり、重なりはメロディー、ハーモニー、リズムといった要素を生み出す。こうした要素を聴覚障害者が把握できるようになることは、音楽への理解を深めることで心に彩りをもたらすだけでなく、音楽と同様に複数の音で構成される日常生活においても役立つ可能性がある。

Torppa らによると、聴覚障害児への音楽トレーニングや成人を対象とした複数の調査から、音楽経験が言語の知覚や騒音下での音声の聴き取り能力を向上させることが示されている [11]。

ゆえに、聴覚障害者の音楽認知に関する調査や、音楽認知能力を高めるトレーニングに関する様々な研究が行われている。

### 1.1.3 聴覚障害者の音楽認知

ここで取り上げる研究が対象とする聴覚障害者の範囲は、基本的に高度あるいは重度難聴者である。

#### メロディーのピッチ弁別

緒方らは、補聴器を装用した聴覚障害者に対して3つの単音の系列からなるメロディーの対を提示し、2つのメロディーが同一かどうかを問う実験を行った [12]。その結果、聴覚障害者はメロディーの音高遷移の概形（ゲシュタルト）を内的に形成し判断できるが、一部の音高が変化するが概形が変わらない場合は正確な判断が難しく、正答率が低かった。また、緒方らは6音のメロディーによる、健聴者との比較も行った。こちらは調性のあるメロディー群と無調性のメロディー群で判別実験を行っている。健聴者は無調性のメロディーで正答率が低下し、特に低年齢の参加者ほど、音系列の体系化が困難からかその傾向が強かった。聴覚障害者は全体的に健聴者よりも正答率が低かったものの、無調性メロディーでの正答率低下は発生しており、調性に対する感受性がある程度有している可能性が示唆された。

Galvin らは、人工内耳装用者に対して、等間隔な5音からなるメロディーを提示し、そのメロディーの概形（維持、上行、途中から下降など）を尋ねる実験を実施した [13]。正答率は個人差が大きかった。好成績な参加者は音符間に2半音程度の音高差があれば9割以上正しく認識できたのに対し、5半音の差があっても3割程度しか認識できない参加者も存在した。

大金らは、補聴器装用者と人工内耳装用者に対して、ピアノ音の2音のピッチ弁別実験と、文部省唱歌のメロディー識別実験を実施し、比較検討を行った [14]。ピッチ弁別幅は、補聴器装用者においては、平均聴力レベルが高いほどピッチ弁別幅が大きくなる傾向が見られた。人工内耳装用者は補聴器装用者よりも弁別幅が広くなり、半数以上が12半音（1オクターブ）の高低識別が困難であった。メロディー識別実験は、ピッチ弁別幅が広がるにつれ、正答率が低くなる傾向にあった。人工内耳装用者の正答率は補聴器装用者よりも低くなった。ただ、ピッチ弁別幅が大きいながらも高い正答率を示した参加者も存在し、使用曲が耳馴染みのあるものであったことによる記憶の影響が示唆された。

寺澤らは、刺激の文脈適合度を問うプローブ音法を用いて、健聴者と聴覚障害者の調性認知について調査した [15]。聴覚障害者は健聴者と比較して調性の認知が困難な傾向にあったが、音階のある楽器の演奏経験のある参加者については、一定程度調性を認知できていた。多くの聴覚障害者はピッチの変化を知覚することができており、音楽経験が調性階層の認知能力に影響を与える可能性が示唆された。

## 音楽のリズム認知

林田は、矩形波の単音によるリズムパターンを提示し、聴取したリズムパターンを再生させる実験において、リズムパターンや、アクセントの有無や強弱を変えて再生精度を比較した [16]。その結果、健聴者と聴覚障害者の両方でアクセントが付与された刺激の精度が向上し、特に聴覚障害者において顕著であった。また、普段音楽鑑賞の長い聴覚障害者は有意に精度が高かった。

Kong らは、聞いたメロディーと同じ楽譜を選択する課題において、メロディーのみの刺激と、メロディーとリズムパターンを重畳した刺激を用意し、正答率を比較した [17]。健聴者はどの条件でも 100%に近い正答率であったのに対し、人工内耳装着者ではリズムパターンの有無が正答率に影響を与えていた。

狩野は、楽曲の拍に合わせて画面をタップするビートタッピング課題を用いて、リズムパターンの複雑さやアクセントの有無がリズム認知精度に与える影響を調べた [18]。狩野も林田と同様に、アクセントを付加した刺激のリズム認知精度が向上した。また、リズムパターンの複雑さも優位に影響を与えていた。結果には個人差があり、平均聴力レベル、音楽経験、聴覚障害発症年齢の影響が示唆された。

## 総合的な音楽認知

Valerie らは、補聴器装着者と人工内耳装着者を対象に、リズムパターンのペアが同一か回答する実験、メロディーを演奏する楽器名を答える実験、有名なメロディーのタイトルを答える実験を実施した [19]。リズムパターンおよび楽器名については使用機器による正答率に有意差はみられなかった。メロディーのタイトルについては補聴器装着者の正答率が 91%、人工内耳装着者が 52%となり、ピッチ知覚能力の違いが影響を与えていることが示唆された。

## 1.2 本研究の位置づけ

### 1.2.1 先行研究のまとめ

以上のように、聴覚障害者のメロディー認知については、個人差はあるもののピッチの変化および音高変化の概形を認識できることが示唆されている。また、リズムパターンの識別や再生においては、アクセントの有無や、課題の複雑さが正答率や精度に影響を与えることが分かっている。また、ピッチ、リズム双方において、聴覚障害者の平均聴力レベル、音楽鑑賞時間、音楽経験が影響を与えている。

ただ、ピッチやメロディーの弁別を行った研究においては、研究のために用意された比較的単純な音列が多く、実際に演奏、鑑賞される音楽のメロディーとは乖離がある。文部省唱

歌を使用した大金らの研究においても、条件の画一化のために、メロディーの音価は全て4分音符に置き換えられており、元のメロディーとは異なる。

リズム認知に関する研究についても、メロディーのリズムパターンを変化させ、識別する課題は実施されていない。

### 1.2.2 本研究の目的

そこで、本研究では、ポピュラー音楽のメロディーの一節を提示刺激とし、そのピッチやリズムの一部を変化させたものと識別する実験を行う。メロディーを変化させる条件は複数設定し、聴覚障害者が認知、識別できる音楽的要素について調査、考察する。

メロディー変化の識別課題と合わせ、使用楽曲の認知度や、回答の自信度などの調査も実施する。これによって、先行研究で示唆されていた、既知のメロディーの記憶が、変化の認知に与える影響の考察につながると予想する。

## 1.3 本論文の構成

本論文は6章で構成される。1章では、研究の背景となる聴覚障害者の音楽活動について説明し、関連研究について述べる。2章では、適切な実験難易度を設定するために実施した予備実験と、その結果について記載する。3章では、予備実験を踏まえ条件を決定した本実験について述べる。4章では、本実験のデータと、統計分析の結果を記載する。5章では、実験結果についての考察を行う。6章では研究の結論と、今後の展望について述べる。

## 第2章 予備実験

### 2.1 実験概要

聴覚障害者のメロディー認知に影響を及ぼしている要素を明らかにするため、メロディーの一部のピッチ、リズムを変化させた選択肢の中から、出題されたものと同一のメロディーを選ぶ実験を実施した。予備実験の目的は、実験の対象となる聴覚障害者にとって適切な設問の難易度を検証することにある。

予備実験は、筑波技術大学との共同研究として行われた。筑波技術大学研究倫理委員会の承認を得ており、筑波大学図書館情報メディア系倫理審査委員会にもその旨を報告している。

### 2.2 実験デザイン

実験内容は、J-POPのメロディーの一節をピアノで演奏した刺激が問題として提示され、3つの選択肢から問題と同一のメロディーを選択してもらうものである。

実験の1つの設問は、正解のメロディーと、3つの選択肢から構成される。3つの選択肢は、1つが正解と同一のもので、残りは正解のメロディーを、後述するメロディー変化条件で変化させたものになっている。

使用する楽曲は、配信カラオケのDAMにおける、2020年および2021年上半期の総合ランキング[21]の上位100曲から、年代、性別、曲調等を考慮して選曲した。使用した楽曲を、表2.1に示す。すべての楽曲で、楽曲の中で最も盛り上がる部位とされるサビの冒頭4~8小節を抜粋した。なお、音域によるメロディー聴取への影響を低減するため、音域がF2-F4の範囲になるよう、一部の楽曲は移調している。

#### 2.2.1 予備実験のメロディー変化条件

メロディーの変化は、ピッチ条件とリズム条件に分かれており、それぞれ2つの変化バリエーションが存在する。各バリエーションの概要および譜例を、表2.2、図2.1、2.2に示す。各条件バリエーションでメロディーを変化させる割合は、全音符の1/4 - 1/3程度になるようにしている。

##### ピッチ変化条件

ピッチ変化条件のバリエーション1では、刺繍音や経過音など、メロディーの該当部分における楽曲の非和声音の音高を変化させている。楽曲によっては、和音構成音が連続する区間の一部を、非和声音となるように変化させているものもある。

表 2.1: 使用した楽曲の一覧

セクション	楽曲名	アーティスト名	移調
ピッチ	アイネクライネ	米津玄師	0
ピッチ	糸	中島みゆき	-7
ピッチ	キセキ	GReeeeN	0
ピッチ	サウダージ	ポルノグラフィティ	0
ピッチ	さよならエレジー	菅田将暉	0
ピッチ	残酷な天使のテーゼ	高橋洋子	0
ピッチ	シャルル	バルーン	0
ピッチ	チェリー	スピッツ	0
リズム	愛をこめて花束を	Superfly	0
リズム	奏	スキマスイッチ	0
リズム	3月9日	レミオロメン	0
リズム	Story	AI	0
リズム	世界が終るまでは…	WANDS	0
リズム	小さな恋のうた	MONGOL800	0
リズム	ハナミズキ	一青窈	0
リズム	ひまわりの約束	秦基博	0

表 2.2: 予備実験のメロディー変化バリエーション

条件	バリエーション	バリエーション概要
ピッチ	1	刺繍音や経過音の音高変化
ピッチ	2	旋律の和音構成音の音高変化
リズム	1	一部の音価を移動 (8分または16分)
リズム	2	音符の分割および結合

The image shows a musical score for the song 'Sayonara ELEGY' in 4/4 time with a tempo of 154 bpm. It consists of three staves: 'Original', 'Melody1', and 'Melody2'. The original melody is in a key with four flats (B-flat major/C minor). Melody1 and Melody2 show pitch modifications to the original melody, with Melody1 having a higher pitch and Melody2 having a lower pitch.

図 2.1: 予備実験のピッチ条件の譜例 (原曲: さよならエレジー [22])

図 2.2: 予備実験のリズム条件の譜例（原曲：3月9日 [23]）

バリエーション2では、和音構成音にあたる音の音高を、メロディーの調の構成音内で上下に2度（2半音または1半音）変化させている。メロディーの音高の上下行の概形は、元のメロディーと同様となるようにしている。

バリエーション1では、メロディーとしての雰囲気や調性は大きく変化しないものの、音高の維持、上行、下行といった概形が変化する。一方バリエーション2では、メロディーの音高変化の概形は変わらないが、メロディーの和声的印象を決定する主要な部分の音高が変化する。聴覚障害者のメロディー認知において、どちらが重要な要素であるか検証することが、条件設定の目的となっている。

なお、メロディーの和音構成音、非和声音の判断については、和声理論と実習 [20] を参考にしている。

### リズム変化条件

リズム変化条件のバリエーション1では、音価の一部を前後に移動させている。譜例のように、ある音符の演奏時刻を変更した場合、それに伴って隣接する音符の長さも変化する。

バリエーション2では、同一音程で連続する音価を結合したり、ひとつの音符を等分割したりしている。

バリエーション1は、メロディーの音系列の時系列を変化させることで、聴覚障害者のメロディー認知による時間分解能や、時系列情報を比較、認知する能力を検証することを目的としている。バリエーション2は、メロディーにおいて同一音高で再度演奏される箇所を認知、記憶する能力を検証することを目的としている。

なお、音符の分割、結合については、ピッチ変化条件と同様に和声理論と実習を参考にしている。

### 2.2.2 音声刺激の作成方法

音声刺激の作成は、執筆者がコンピュータで行った。作業ソフトウェアには PreSonus 社の Studio One [25] を使用した。ピアノの音源として、Native Instrument 社の The Grandeur [24] を使用した。執筆者にはコンピュータを用いた音楽制作の経験が約8年あり、ポピュラー音楽の歌唱データのピッチ、タイミング補正の業務をフリーランスとして3年間受注している

表 2.3: 予備実験の実験参加者

ID	聴力 (dB)	使用機器	実験会場	聴取環境	音楽は好きか	音楽を聴く頻度	音楽経験
s01	70	補聴器	研究室	外部入力	とても好き	ほぼ毎日	特になし
s02	100	人工内耳	自室	イヤホン	好き	月 2~3 日	特になし

実績がある。ゆえに、採譜の精度およびメロディー変化の割合については、一定の水準が担保されているものとする。同条件内の設問間の難度に差異が生じているかどうかは、実験結果の分析時に改めて検証する。

実験で使用した音声刺激は、ソフトウェア音源の設定で音色をモノラル化した上で、16bit / 320kbps の mp3 ファイルとして書き出したファイルである。mp3 とした理由は、実験プログラムがオンラインアプリケーションであるため、ファイルサイズを小さくするためである。mp3 は不可逆圧縮であるため音声の劣化が生じるが、本研究においては問題にならない範囲であると判断した。

## 2.3 実験条件

### 2.3.1 実験参加者

実験参加者実験参加者は聴覚障害者 2 名 (20~22 歳、男性 1 名、女性 1 名) である。実験前後のアンケートによって得た、実験参加者の情報をまとめた表が表 2.3 である。聴力は、両耳の聴力レベルの平均値を表示している。また、計測時期が一律でなく、参加者の記憶によるものであるため、正確な値でないおそれがある。聴取環境は実験時に音を聴くために使用した機器で、外部入力は補聴器や人工内耳に直接音声を入力する機能を使用したことを表す。音楽経験は、学校の授業以外で経験のある活動を記載している。

実験参加にあたって、実験参加者には書面によって本研究の目的、方法を説明した。参加者は個人情報の取扱い、身体的負荷、実験参加の自由意志について十分な説明を受け、同意した場合のみ実験同意書に署名し、実験に参加した。付録 A に実験概要書、実験参加同意書を記す。参加者には、970 円または 1150 円の謝金が支払われた。

### 2.3.2 実験環境

実験は、ビデオ会議システムを用いて遠隔で行われた。参加者は筑波技術大学の研究室または寮の自室で実験に参加した。実験端末は Apple 社の iPod Touch または iPhone を用いた。音声刺激の聴き方は、普段音楽を聴取する時と同様にしよう教示した。表 2.3 にあるように、参加者によって聴取環境は異なっている。音量は、後述するサンプルセクション実行時に、参加者にとって適切な音量に設定してもらった。

### 2.3.3 実験アプリケーション

実験アプリは、Flutter で作成されたもので、アプリ画面を付録 B に示す。アプリではセクション選択、ID 入力、問題、問題後アンケート、データ送信をタッチ操作で行う。各セクションの問題の提示順および、設問の 3 つの選択肢の正解の位置は、実行の都度ランダム

表 2.4: 設問後のアンケート項目

項目	最小値	最大値
この曲をどの程度知っていますか？	まったく知らない	よく知っている
回答にどの程度自信がありますか？	自信がない	自信がある
メロディーは聴き取りやすかったですか？	聴き取りにくい	聴き取りやすい

である。セッション終了時には設問の回答や、各操作のタイムスタンプがログデータとして記録され、サーバにアップロードされる。

### 2.3.4 実験手続き

聴力レベルや音楽経験などの事前アンケートは、ビデオ会議に先立って参加者に Google フォームのリンクを送り、回答してもらった。アンケートフォームを付録 C に示す。当日はまず実験の流れについて説明し、続いて端末の実験アプリを起動し、サンプルセッションを実行した。端末の不具合や操作の疑問点がないことを確認した後、実験本体のセッション 1、2 を実行してもらった。セッション 1 がピッチ変化条件で、セッション 2 がリズム変化条件である。

各セッションでは、サンプルセッションでは 1 問、セッション 1、2 では 16 問の設問が出題された。各設問では、正解となるメロディーと、3 つの選択肢が提示された。参加者にはそれぞれの音声刺激を回答を決めるまで任意の回数聴き、正解のメロディーと同じと思う選択肢を決定してもらった。

各設問の直後に、楽曲の認知度や主観自信度との関係性を調査するため、3 つの設問アンケートを実施した。設問は表 2.4 の通りで、7 段階で回答してもらった。

なお、サンプルセッションのメロディーは、実験本体への影響を避けるため、オリジナルのメロディーとなっている。メロディーの変化条件は、予備実験のピッチ条件の条件バリエーション 2 と同様である。それぞれのメロディーの譜面を、図 2.3 に示す。

## 2.4 予備実験結果

予備実験の条件バリエーション別の正答率を、表 2.5 に示す。

表 2.5: 予備実験のセッション別正答率

条件	正答率	標準偏差
総合	0.875	0.333
ピッチ条件全体	0.750	0.440
リズム条件全体	1	0
ピッチ条件 1	0.563	0.512
ピッチ条件 2	0.938	0.250
リズム条件 1	1	0
リズム条件 2	1	0

The image displays a musical score for a melody in 4/4 time, with a tempo marking of ♩ = 120. The score is presented in three staves, labeled 'Original', 'Pitch1', and 'Pitch2'. Each staff contains a single melodic line. The 'Original' staff shows a sequence of notes: a quarter note on G4, a quarter note on A4, a quarter note on B4, and a half note on C5. The 'Pitch1' and 'Pitch2' staves show the same sequence of notes but with different pitch levels, representing variations of the original melody.

図 2.3: サンプルセクションのメロディーの楽譜 (オリジナル楽曲)

#### 2.4.1 考察

ピッチ条件のバリエーション1以外の条件では、正答率が9割以上と非常に高くなった。これは、問題の難度が低く、天井効果が出たものと思われる。

本研究の目的は、条件別の正答率を比較することで、メロディー認知に影響を及ぼす要素を考察するためのものである。したがって、予備実験で設定した条件は不適切と判断し、難度が高くなるよう変更して本実験を実施することにした。

## 第3章 本実験

### 3.1 実験概要

聴覚障害者のメロディー認知に影響を及ぼしている要素について明らかにするため、メロディーのピッチ、リズムを変化させた選択肢の中から正解を選ぶ実験を実施した。予備実験の結果を踏まえ、メロディー変化の手法を難度が高くなるように変更した。

本実験は、筑波技術大学との共同研究として行われた。筑波技術大学研究倫理委員会の承認を得ており、筑波大学図書館情報メディア系倫理審査委員会にもその旨を報告している。

### 3.2 実験デザイン

実験デザインは予備実験と同様で、J-POPのメロディーの一節をピアノで演奏した刺激が問題として提示され、メロディーの一部を変化させた3つの選択肢から、問題と同一のメロディーを選択してもらうものである。使用した楽曲は、予備実験と同一である。

#### 3.2.1 本実験のメロディー変化条件

メロディーの変化は、ピッチ条件とリズム条件に分かれており、それぞれ2つの変化バリエーションが存在する。変化の内容は予備実験の結果を踏まえ、改めた。条件の概要および譜例を、表3.1、図3.1、3.2に示す。

#### ピッチ変化条件

ピッチ条件のバリエーション1は予備実験と同様で、旋律の刺繍音や経過音にあたる音の音高を変化させている。

バリエーション2では、旋律の一部を、その旋律の調を構成しない音高になるよう、半音上下させている。バリエーション2の設定意図は、人工内耳がピッチの分解能が通常の内耳よりも低いため、人工内耳装用者にとって難しい条件となることを想定したものである。また、予備実験のバリエーション2以上に、メロディーの調性感は大きく変化する。半音の

表 3.1: 予備実験のメロディー変化バリエーション

条件	バリエーション	バリエーション概要
ピッチ	1	刺繍音や経過音の音高変化
ピッチ	2	旋律の一部音高の半音変化
リズム	1	一部の音価を移動（16分または32分）
リズム	2	音符の分割および結合（予備実験より低頻度）

図 3.1: 本実験のピッチ条件の譜例 (原曲: さよならエレジー [22])

図 3.2: 本実験のリズム条件の譜例 (原曲: 3月9日 [23])

ピッチ変化によるメロディーの印象変化を、聴覚障害者がどの程度認知できているか検証することが、条件バリエーション設定の目的である。

ピッチ変化条件の各条件バリエーションでメロディーを変化させる割合は、全音符の  $1/4$  -  $1/3$  程度になるようにしている。

### リズム変化条件

リズム条件のバリエーション 1、2 の変化方法は予備実験と同様で、それぞれ音価の一部を前後させたもの、同一音程で連続する音価を繋げたり、ひとつの音符を分割したりしたものである。ただ、それぞれのバリエーションは以下の表に示したように、変化量や変化の割合が予備実験よりも少なくなっている。リズム変化の頻度を少なくすることで、設問の難度を上昇させることを目的としている。

リズム変化条件の各条件バリエーションでメロディーを変化させる割合は、全音符の  $1/5$  -  $1/4$  程度になるようにしている。

## 3.3 実験条件

### 3.3.1 実験参加者

実験参加者は聴覚障害者 16 名 (20~24 歳、男性 9 名、女性 7 名) である。実験前後のアンケートによって得た、実験参加者の情報をまとめた表が表 3.2 である。聴力は、両耳の聴力レベルの平均値を表示している。また、計測時期が一律でなく、参加者の記憶によるも

表 3.2: 本実験の実験参加者

ID	聴力 (dB)	使用機器	会場	聴取環境	音楽は好きか	音楽鑑賞頻度	音楽経験
s03	70	補聴器	研究室	外部入力	とても好き	ほぼ毎日	特になし
s04	107.5	人工内耳	自室	端末 Spk	好き	ほぼ毎日	特になし
s05	105	人工内耳	研究室	外部入力	とても好き	ほぼ毎日	特になし
s06	95	補聴器	自室	端末 Spk	好き	週 4~5 日	歌唱 2 年、ギター 4 年
s07	82.5	補聴器	自室	外部入力	普通	月 2~3 日	特になし
s08	110	人工内耳	研究室	端末 Spk	普通	週 2~3 日	特になし
s09	68.5	補聴器	研究室	外部入力	好き	ほぼ毎日	ヴァイオリン 6 年
s10	103	補聴器	自室	端末 Spk	好き	週 2~3 日	特になし
s11	98.8	補聴器	研究室	外部 Spk	とても好き	ほぼ毎日	特になし
s12	102.5	人工内耳	研究室	外部 Spk	とても好き	週 4~5 日	特になし
s13	100	補聴器	研究室	ヘッドホン	好き	週 2~3 日	特になし
s14	130	補聴器	研究室	ヘッドホン	とても好き	ほぼ毎日	ダンス数年、吹奏楽 1 年
s15	84	補聴器	研究室	外部 Spk	とても好き	週 4~5 日	ダンス 10 年
s16	70.65	補聴器	研究室	イヤホン	好き	ほぼ毎日	三線 3 年
s17	100	補聴器	研究室	端末 Spk	とても好き	ほぼ毎日	合唱 3 年
s19	106.5	補聴器	自室	外部 Spk	好き	月 2~3 日	手話歌 3 年

のであるため、正確な値でないおそれがある。聴取環境は実験時に音を聴くために使用した機器で、外部入力は補聴器や人工内耳に直接音声を入力する機能を使用したことを表す。Spk はスピーカーの略称である。音楽経験は、学校の授業以外で経験のある活動を記載している。

実験参加にあたって、実験参加者には書面によって本研究の目的、方法を説明した。参加者は個人情報の取扱い、身体的負荷、実験参加の自由意志について十分な説明を受け、同意した場合のみ実験同意書に署名し、実験に参加した。付録に実験概要書、実験参加同意書を記す。参加者には、970 円または 1150 円の謝金が支払われた。

なお、被験者 ID が s18 にあたる参加者については、全 32 設問中 14 問で音声を一度も再生せずに回答していたため、有効なデータではないと判断し、分析対象から除外している。

### 3.3.2 実験環境、手続き

実験環境、実験手続きについては、予備実験と同様である。

## 3.4 分析

### 3.4.1 分析手法

実験ログデータについては、正解率や再生回数などの要素を、実験条件、バリエーションや被験者などの要因で t 検定や分散分析 (ANOVA) を行う。正答率とアンケート内容をまとめたデータについては、それぞれの内容に応じて正答率を図示し、相関分析によって関係性を考察する。

また、以上の分析結果に加えて、定量的な分析に用いない自由記述アンケートの内容も踏まえ、今回の実験における聴覚障害者のメロディー認知について、総合的な考察を行う。

## 第4章 結果

今回の実験はデータ数が少なく、母集団の仮定が困難である。また、設問の回答は、正解と不正解という2段階の尺度で集計している。ゆえに、全ての検定はノンパラメトリック検定を用いる。

### 4.1 被験者、条件バリエーション別の正答率

本実験の全体、メロディー変化条件、条件バリエーション別の正答率を、表 4.1 に示す。

表 4.1: 本実験の条件別正答率

条件	正答率	標準偏差
総合	0.609	0.488
ピッチ条件全体	0.547	0.499
リズム条件全体	0.672	0.470
ピッチ条件 1	0.586	0.494
ピッチ条件 2	0.508	0.502
リズム条件 1	0.719	0.451
リズム条件 2	0.625	0.486

### 4.2 分散分析

#### 4.2.1 回答と各要素の分析

回答（正解、不正解）と他の要素を、Kruskal-Wallis 法のノンパラメトリック ANOVA で分析した結果を、表 4.2 に示す。各項目のうち、楽曲は同一楽曲でバリエーションの異なる 2 設問をまとめたものであり、音声刺激は設問毎に別の要素とみなしたものである。基本的に回答を従属変数、他の要因を固定要因としているが、回答時間と再生回数については、両者を従属変数に置いている。

有意差があるものは、変化条件、条件バリエーション、参加者、曲を知っているか、回答の自信度、メロディーの聴き取りやすさとなった。

#### 条件バリエーション

##### 回答

条件バリエーション間の回答について Dunn-Bonferroni 法による多重比較を行った結果を、表 4.3 に示す。ピッチ条件 2 とリズム条件 1 の間で、有意差が認められた。

表 4.2: 回答と各要素の ANOVA

Factor	Statistic	df	p
変化条件 **	8.386	1	0.004
条件バリエーション **	12.382	3	0.006
参加者 ***	96.435	15	< .001
楽曲	18.606	15	0.232
音声刺激	33.018	31	0.369
提示順序	17.113	15	0.312
回答時間	3.564	1	0.059
再生回数	0.511	1	0.475
曲を知っているか **	26.067	6	< .001
回答の自信度 **	74.600	6	< .001
メロディーの聴き取りやすさ **	53.271	6	< .001

\*\* :  $p < 0.01$ , \*\*\* :  $p < 0.001$ .

表 4.3: 回答と条件バリエーションの多重比較

Comparison	$p_{bonf}$
ピッチ条件 1 - ピッチ条件 2	0.602
ピッチ条件 1 - リズム条件 1	0.089
ピッチ条件 1 - リズム条件 2	1.000
ピッチ条件 2 - リズム条件 1 **	0.002
ピッチ条件 2 - リズム条件 2	0.165
リズム条件 1 - リズム条件 2	0.374

\*\* :  $p < 0.01$ .

#### 回答時間、再生回数

条件のバリエーション毎の回答時間、再生回数の基本統計量を表 4.4 に示す。

また、回答時間、再生回数について、条件バリエーションを固定要因とした Kruskal-Wallis 法のノンパラメトリック ANOVA を実施した結果を、表 4.8 に示す。回答時間、再生回数の双方で有意差がみられた。

条件バリエーション間の回答時間、再生回数について Dunn-Bonferroni 法による多重比較を行った結果を、表 4.6、4.7 に示す。いずれも、ピッチ条件 2 とリズム条件 1 の間で有意差が認められた。

#### 4.2.2 実験参加者と各要素の分析

実験参加者を固定要因として、時間、再生回数、設問アンケートとの関係について Kruskal-Wallis 法のノンパラメトリック ANOVA を実施した結果を、表 4.8 に示す。それぞれの項目で、有意差が見られた。なお、設問アンケート項目のうち、曲を知っているかと、メロディーの聴き取りやすさについては、回答内容が単一となる参加者がおり、分析が不可能だった。

表 4.4: 条件バリエーション別の回答時間、再生回数の基本統計量

		Mean	Std. Deviation	Minimum	Maximum
回答時間 (s)	ピッチ条件 1	49.799	32.161	5.530	178.460
	ピッチ条件 2	58.773	37.965	11.830	206.000
	リズム条件 1	44.322	30.405	0.000	190.070
	リズム条件 2	48.885	31.996	0.000	217.310
再生回数	ピッチ条件 1	8.914	5.667	1.000	29.000
	ピッチ条件 2	10.148	6.292	2.000	35.000
	リズム条件 1	7.664	4.751	0.000	41.000
	リズム条件 2	8.281	4.302	0.000	27.000

表 4.5: 条件バリエーションと回答時間、再生回数の ANOVA

Factor	Statistic	df	p
回答時間 - 条件バリエーション **	13.964	3	0.003
再生回数 - 条件バリエーション **	12.728	3	0.005

\*\* :  $p < 0.01$ .

#### 4.2.3 条件バリエーションと設問アンケート回答の分析

条件バリエーションを固定要因として、設問アンケートの回答内容との関係について Kruskal-Walls 法のノンパラメトリック ANOVA を実施した結果を、表 4.9 に示す。回答の自信度について有意差がみられた。

条件バリエーション間の回答の自信度について Dunn-Bonferroni 法による多重比較を行った結果を、表 4.10 に示す。ピッチ条件の各バリエーションと、リズム条件の各バリエーションのそれぞれの組み合わせの間で有意差が認められた。

#### 4.2.4 楽曲と設問アンケート回答の分析

楽曲を固定要因とし、設問アンケートの回答内容との関係について Kruskal-Walls 法のノンパラメトリック ANOVA を実施した回答の自信度については、ピッチ変化条件とリズム変化条件間に有意差があったため、それぞれの条件内で分析を行った。結果を、表 4.11 に示す。有意差のある項目はなかった。

### 4.3 前後アンケート内容との関係

続いて、実験前後に行ったアンケート調査の内容と、実験の結果との関係について記載する。

#### 4.3.1 聴力レベルとメロディー変化条件の関係

各参加者のメロディー変化条件別の正答率と、平均聴力レベルを図示したものを、図 4.1 に示す。横軸が平均聴力レベル、縦軸が正答率を表している。緑点がピッチ変化条件、青点

表 4.6: 回答時間と条件バリエーションの多重比較

Comparison	$P_{bonf}$
ピッチ条件 1 - ピッチ条件 2	0.080
ピッチ条件 1 - リズム条件 1	0.409
ピッチ条件 1 - リズム条件 2	1.000
ピッチ条件 2 - リズム条件 1 ***	< .001
ピッチ条件 2 - リズム条件 2	0.084
リズム条件 1 - リズム条件 2	0.395

\*\*\* :  $p < 0.001$ .

表 4.7: 再生回数と条件バリエーションの多重比較

Comparison	$P_{bonf}$
ピッチ条件 1 - ピッチ条件 2	0.109
ピッチ条件 1 - リズム条件 1	0.437
ピッチ条件 1 - リズム条件 2	1.000
ピッチ条件 2 - リズム条件 1 ***	< .001
ピッチ条件 2 - リズム条件 2	0.174
リズム条件 1 - リズム条件 2	0.296

\*\*\* :  $p < 0.001$ .

がリズム変化条件の正答率である。同一参加者の条件別の正答率は、リズム条件の正答率のほうがピッチ条件よりも高い場合は黒線、反対の場合は赤線で結ばれている。

また、聴力レベルと正答率の Spearman の相関係数を求めた結果を、表 4.12 に示す。リズム条件のバリエーション 2 を除く条件で、有意な負の相関を示した。

#### 4.3.2 回答時間と再生回数

回答時間と再生回数の基本統計量を表 4.13 に示す。最小値が 0 である理由は、音声を再生する前に回答をしたケースが存在したためと考えられる。また、参加者別の回答時間、再生回数を箱ひげ図で表示したものを図 4.2、4.3 に示す。

参加者毎の平均回答時間と平均再生回数について Spearman の相関分析を行った結果、相関係数は 0.613、 $p$  値は 0.012 であり、正の相関があった。散布図を図 4.4 に示す。

また、参加者の平均聴力レベルと平均回答時間、平均再生回数間に有意な相関はみられなかった。散布図を図 4.5、4.6 に示す。

<sup>1</sup>青線は回帰直線、灰色の範囲は 95%信頼区画を表している。

<sup>2</sup>青線は回帰直線、灰色の範囲は 95%信頼区画を表している。

<sup>3</sup>青線は回帰直線、灰色の範囲は 95%信頼区画を表している。

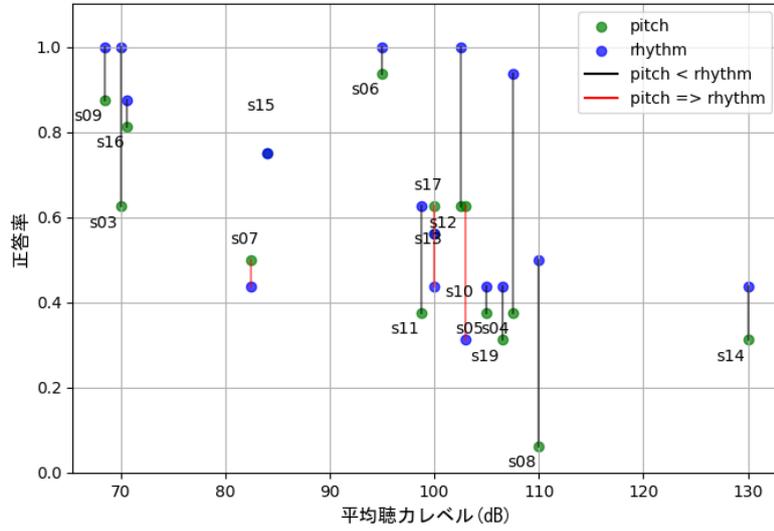


図 4.1: 各参加者メロディー変化条件別の正答率、平均聴カレベルのプロット

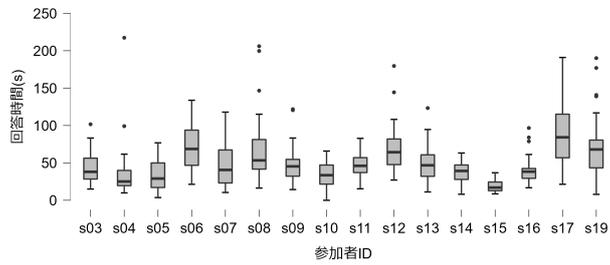


図 4.2: 参加者別の回答時間の箱ひげ図

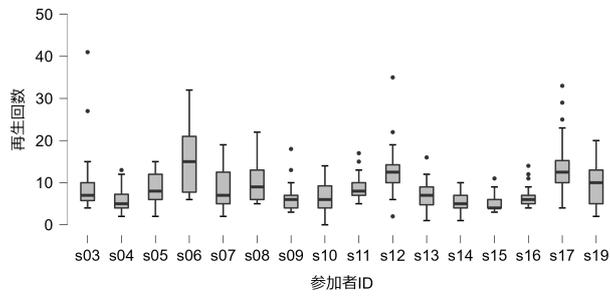


図 4.3: 参加者別の再生回数の箱ひげ図

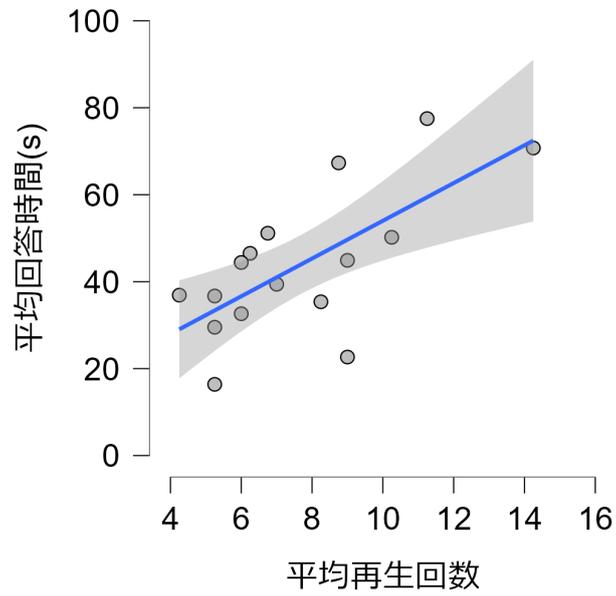


図 4.4: 回答時間と再生回数の散布図<sup>1</sup>

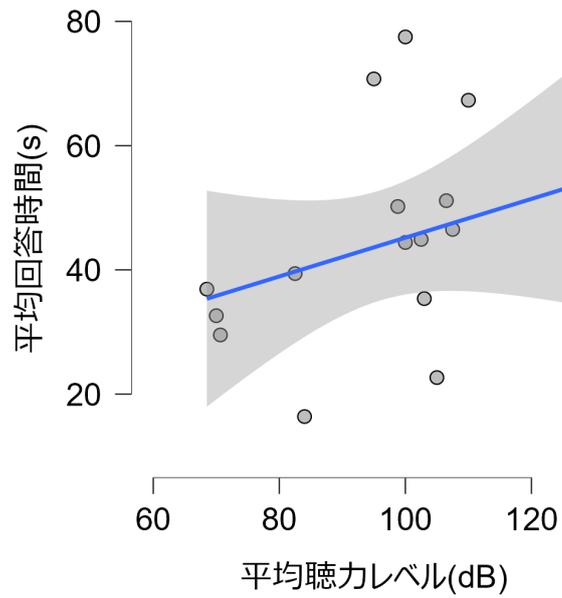


図 4.5: 聴カレベルと回答時間の散布図<sup>2</sup>

表 4.8: 実験参加者と各要素の ANOVA

Factor	Statistic	df	p
回答時間 ***	185.447	15	< .001
再生回数 ***	163.302	15	< .001
回答の自信度 ***	210.527	15	< .001

\*\*\* :  $p < 0.001$ .

表 4.9: 浄華バリエーションと設問アンケート内容の ANOVA

Factor	Statistic	df	p
曲を知っているか	0.410	3	0.938
回答の自信度 ***	24.570	3	< .001
メロディーの聴き取りやすさ	1.661	3	0.646

\*\*\* :  $p < 0.001$ .

### 4.3.3 使用機器、聴取機器との関係

#### 正答率

参加者の使用する補聴機器（補聴器、人工内耳）と正答率の関係について、Welch の t 検定を行った結果が、表 4.14 である。参加者 16 名のうち、補聴器を使用していた者が 12 名、人工内耳が 4 名であった。ピッチ条件のバリエーション 2 において、有意差がみられた。

各条件バリエーション別の、使用機器別の正答率のグラフが以下の図 4.7~34.13 である。

#### 条件バリエーション別の回答時間、再生回数

使用機器と条件バリエーション別の回答時間、再生回数の関係について、Welch の t 検定を行った結果が、表 4.15 である。有意差のある条件はなかった。

### 4.3.4 音楽に関する習慣と正答率の関係

事前アンケートの「音楽が好きか」という質問への回答と、各条件バリエーション別の正答率について、Kruskal-Wallis 法のノンパラメトリック ANOVA を実施したものの、有意差はなかった。

「音楽を聴く頻度」を固定要因として、各条件バリエーション別の正答率との、Kruskal-Wallis 法のノンパラメトリック ANOVA を行った結果を、表 4.16 に示す。リズム条件 1 において、有意差がみられた。なお、リズム条件全体については、分散が 0 になる集団があり、分析を実施できなかった。

各条件バリエーション毎の、音楽聴取頻度別の正答率のグラフが図 4.14 ~4.17 である。

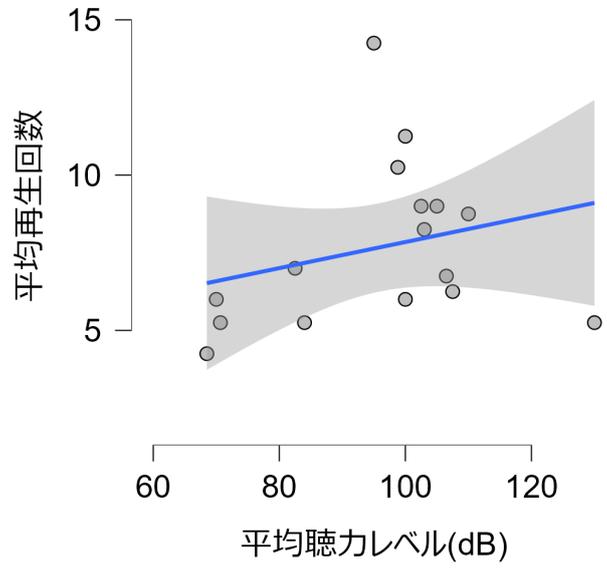


図 4.6: 聴カレベルと再生回数の箱ひげ図<sup>3</sup>

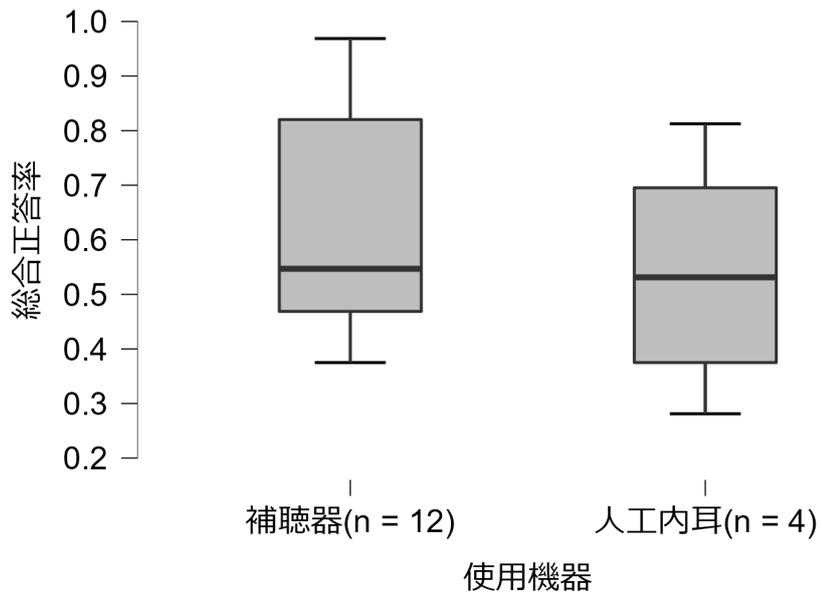


図 4.7: 使用機器別の総合正答率

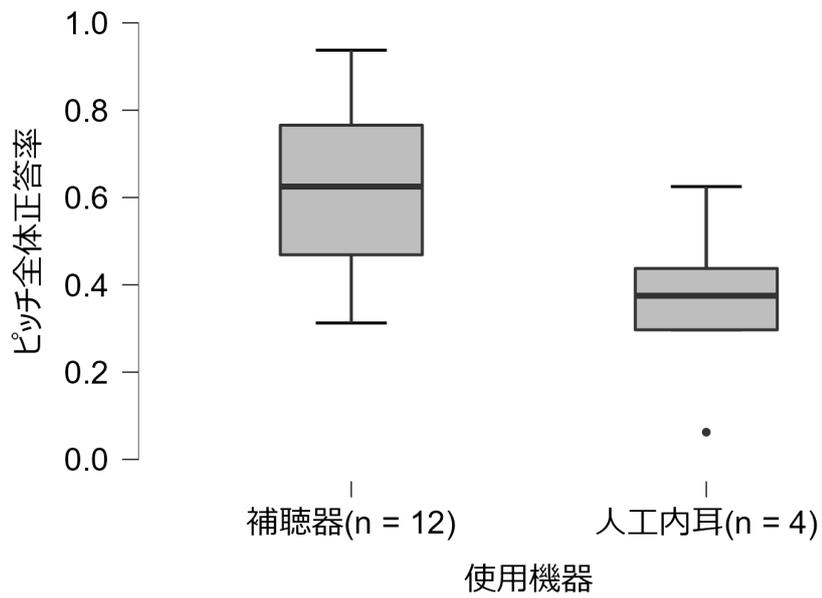


図 4.8: ピッチ条件全体における使用機器別の正答率

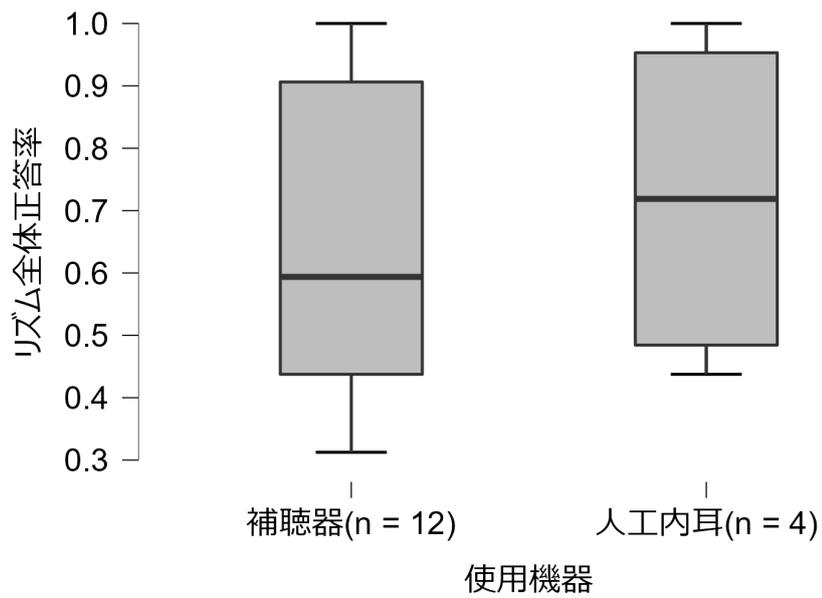


図 4.9: リズム条件全体における使用機器別の正答率

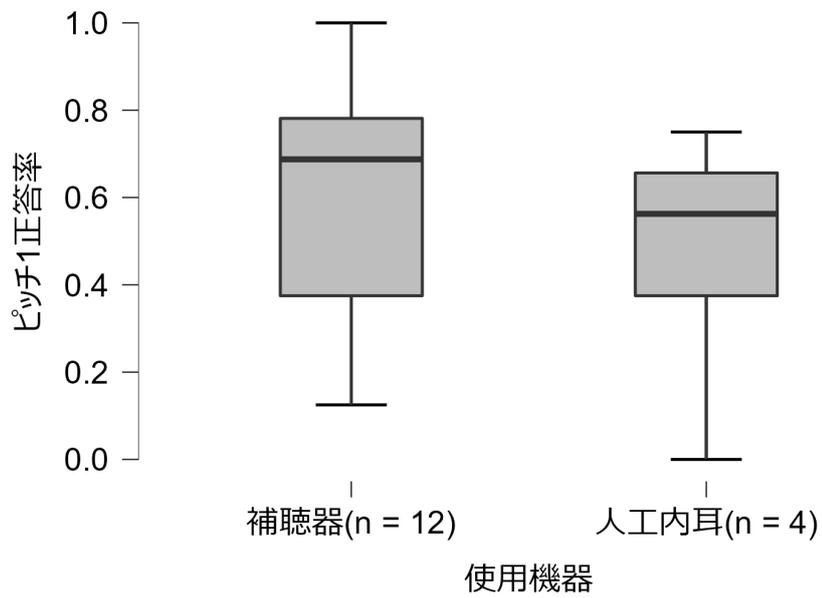


図 4.10: ピッチ条件 1 における使用機器別の正答率

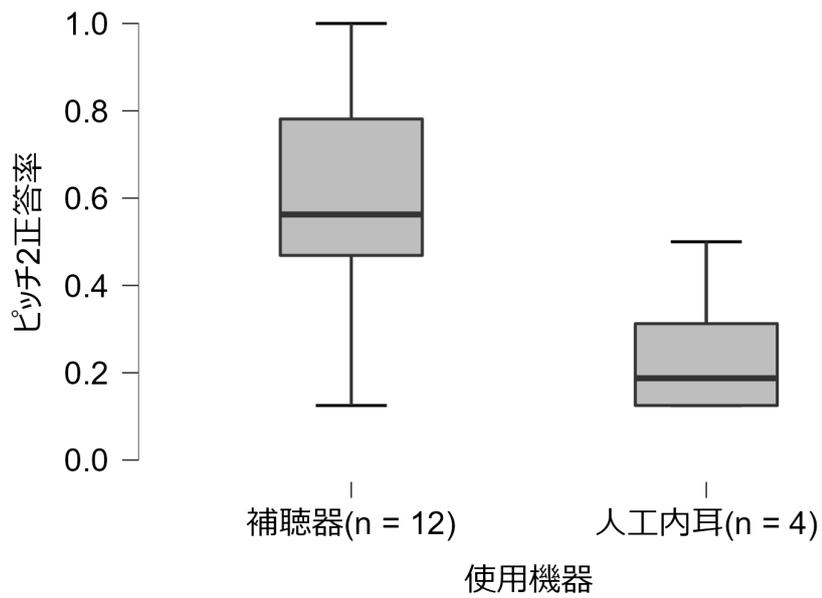


図 4.11: ピッチ条件 2 における使用機器別の正答率

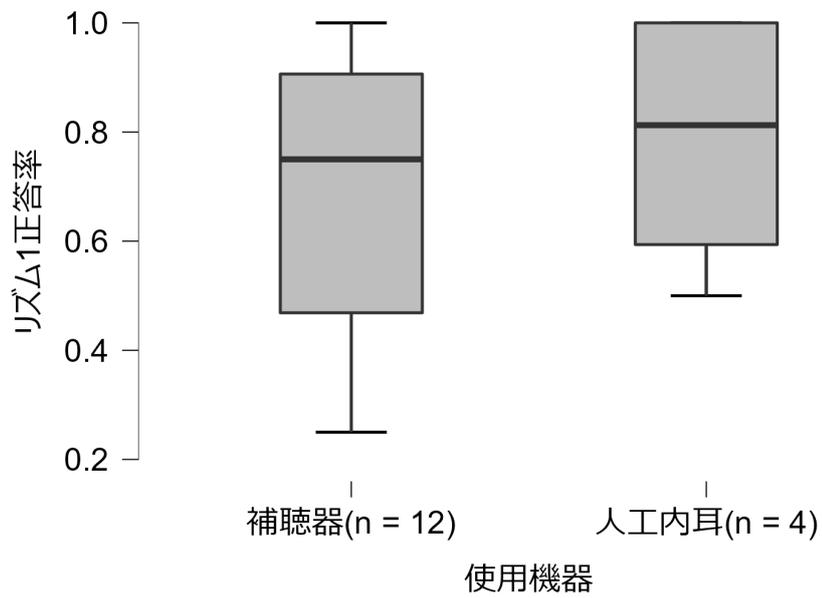


図 4.12: リズム条件 1 における使用機器別の正答率

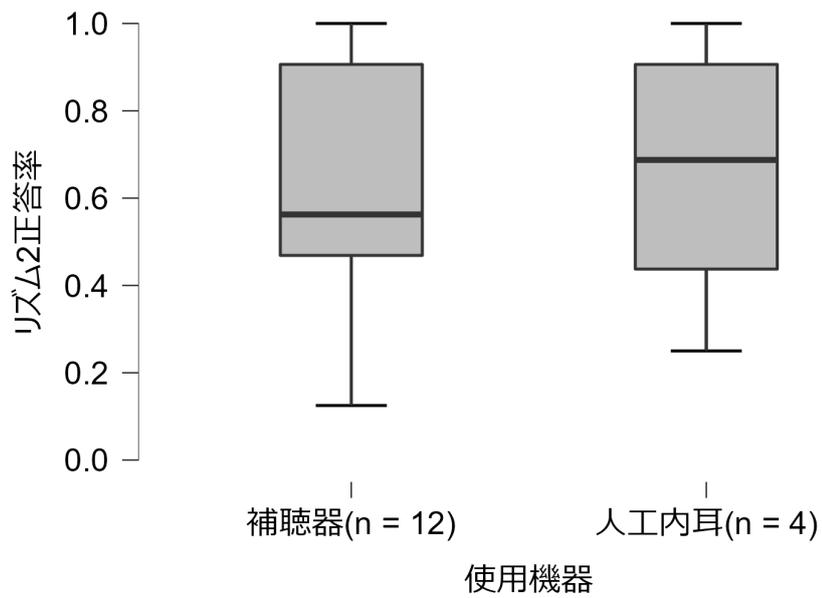


図 4.13: リズム条件 2 における使用機器別の正答率

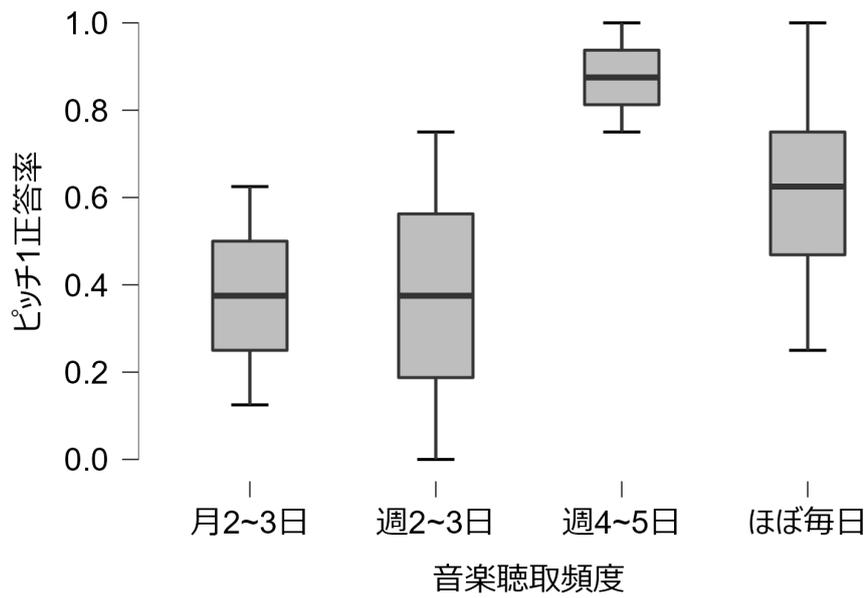


図 4.14: ピッチ条件 1 における音楽聴取頻度別の正答率

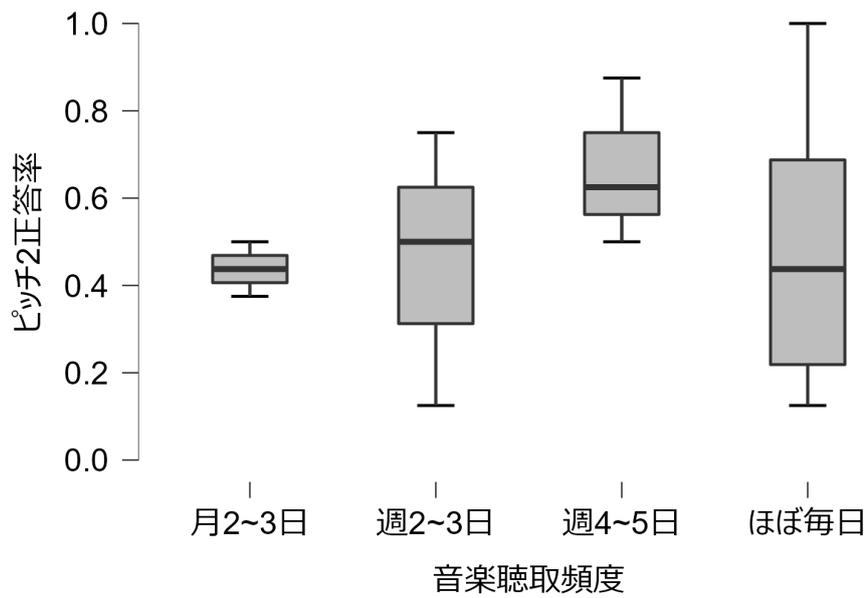


図 4.15: ピッチ条件 2 における音楽聴取頻度別の正答率

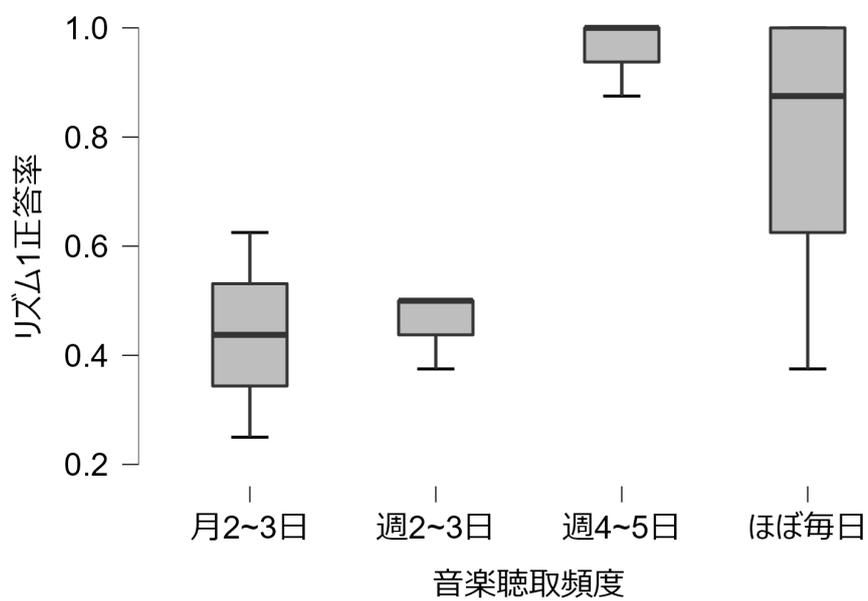


図 4.16: リズム条件 1 における音楽聴取頻度別の正答率

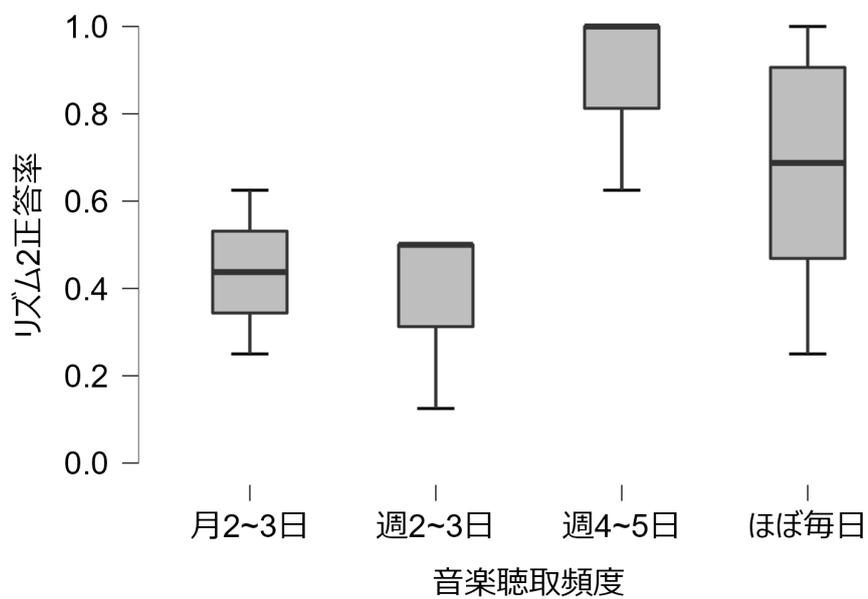


図 4.17: リズム条件 2 における音楽聴取頻度別の正答率

表 4.10: 条件バリエーションと回答の自信度の関係

Comparison	<i>P</i> <sub>bonf</sub>
ピッチ条件 1 - ピッチ条件 2	1.000
ピッチ条件 1 - リズム条件 1 ***	< .001
ピッチ条件 1 - リズム条件 2 **	< .001
ピッチ条件 2 - リズム条件 1 **	0.006
ピッチ条件 2 - リズム条件 2 **	0.002
リズム条件 1 - リズム条件 2	1.000

Note. \*\* :  $p < 0.01$ , \*\*\* :  $p < 0.001$ .

表 4.11: 楽曲と設問アンケート項目の ANOVA

Factor	Statistic	df	p
曲を知っているか	13.093	15	0.595
メロディーの聴き取りやすさ	7.955	15	0.926
回答の自信度：ピッチ変化条件	3.213	7	0.865
回答の自信度：リズム変化条件	4.128	7	0.765

表 4.12: 平均聴力レベルと正答率の相関係数

条件	相関係数	p 値
総合 **	-0.730	0.001
ピッチ条件全体 ***	-0.770	<0.01
リズム条件全体 *	-0.507	0.045
ピッチ条件 1 **	-0.694	0.003
ピッチ条件 2 *	-0.570	0.021
リズム条件 1 *	-0.546	0.029
リズム条件 2	-0.368	0.160

\* :  $p < 0.05$ , \*\* :  $p < 0.01$ , \*\*\* :  $p < 0.001$ .

表 4.13: 回答時間と再生回数の基本統計量

	Mean	Std. Deviation	Minimum	Maximum
再生回数	8.752	5.374	0.000	41.000
回答時間 (s)	50.445	33.570	0.000	217.310

表 4.14: 使用機器と正答率の t 検定

	t	df	p
総合正答率	0.181	13.960	0.859
ピッチ全体正答率	1.921	4.793	0.115
リズム全体正答率	-0.383	4.687	0.719
ピッチ 1 正答率	0.849	4.637	0.438
ピッチ 2 正答率 *	3.009	7.457	0.018
リズム 1 正答率	-0.551	5.478	0.603
リズム 2 正答率	-0.216	4.619	0.838

Welch's t-test. \* :  $p < 0.05$ .

表 4.15: 使用機器と条件バリエーション別の回答時間、再生回数の t 検定

	t	df	p
ピッチ 1 回答時間	-0.195	6.871	0.851
ピッチ 2 回答時間	-0.741	3.642	0.504
リズム 1 回答時間	0.562	5.218	0.597
リズム 2 回答時間	0.186	6.477	0.858
ピッチ 1 再生回数	-0.088	8.277	0.932
ピッチ 2 再生回数	-0.651	5.427	0.541
リズム 1 再生回数	-0.394	5.091	0.710
リズム 2 再生回数	-0.807	4.112	0.464

Welch's t-test.

表 4.16: 音楽聴取頻度と正答率の ANOVA

Factor	Statistic	df	p
総合	6.887	3	0.076
ピッチ条件全体	4.759	3	0.190
ピッチ条件 1	5.813	3	0.121
ピッチ条件 2	1.576	3	0.665
リズム条件 1 *	7.925	3	0.048
リズム条件 2	5.226	3	0.156

\* :  $p < 0.05$ .

## 第5章 考察

### 5.1 実験条件

ピッチ変化条件とリズム変化条件の正答率に有意差があり、リズム条件の方が正答率が高かった。条件バリエーション毎の比較では、ピッチを半音上下させるピッチ条件の条件バリエーション2と、リズム条件1の間で有意差がみられた。

ただ、メロディーのピッチ変化とリズム変化は本質的に異なるものであり、両者の認知の難度について単純に比較することはできない。あくまで、本研究で設定した条件ではリズム変化条件の方が正答率が高かったことにすぎないことに留意する必要がある。

以下では、リズム変化条件、ピッチ変化条件それぞれについて考察する。

#### リズム変化条件

変化条件間の有意差が発生した要因は、ピッチ条件2の正答率が他の条件バリエーションを大きく下回っていることによるものが大きい。したがって、ピッチ条件1とリズム条件の各バリエーションについては、聴覚障害者にとって大きく難度が異なるものではないと思われる。

先述したように、音高と音価の変化量は同列に比較できないものの、リズム条件は音符の変化量、変化割合共に相応に小さくしている。特にリズム条件のバリエーション2に関しては、音符の分割、結合を行った箇所数がピッチ条件で音高を上下させた数の半分程度になっており、元のメロディーとの差異を聴き逃しやすくなっている。それにも関わらず正答率がピッチ条件のバリエーション1を上回る結果になったため、聴覚障害者はメロディー内の音価の変化を、相応の精度で把握できていると考えられる。

#### ピッチ変化条件

ピッチ条件については、予備実験の条件バリエーション2で設定した、メロディーの主要な音の音高を変化させた条件では正答率が9割以上だった。このことから、メロディー内のピッチの上下動の遷移だけでなく、ピッチの変化量についても認知できていると思われる。ただ、予備実験参加者はいずれも補聴器装用者であり、人工内耳装用者が同様にピッチの変化量を認知できるかどうかは不明である。

本実験のピッチ変化条件のバリエーション1における、刺繍音や経過音の音高の変化は、楽曲の1番と2番、あるいは歌手のアレンジやアドリブなどで変化する程度の、音楽的に違和感の少ないピッチ変化を設定した。ただ、経過音や刺繍音のピッチ変化は、その前後の音符のピッチとの関係性（上行、維持、下行）を異なるものにする。

該当部分のピッチ変化量は2半音から4半音程度であり、人工内耳のピッチ弁別閾に近い値になっているが、補聴器装用者と人工内耳装用者の正答率には大きな差はなかった。このことから、人工内耳装用者にとって絶対的には識別が難しい度合いのピッチ変化であって

も、旋律内の相対的なピッチ遷移の違いから、メロディーとしての差異を認識できるケースがあるのではないかと考えられる。これは、先行研究と同様の傾向であると言える。

ただし、メロディーを演奏する音源は、緒方らはフルート、大金らや本研究はピアノのソフトウェア音源となっている。先述した人工内耳のピッチ弁別閾は純音に対するものであり、倍音を含んだ複合音である楽器音でメロディーが演奏されていることは、少なからず影響を与えている可能性がある。

一方、ピッチ変化条件のバリエーション2は、音符の音高を、その楽曲の調では基本的に用いられないものに変化させている。ピッチ変化後のメロディーの印象は、義務教育の音楽の授業を履修した健聴者にとっては音を外している、もしくは長調が短調になったのではと感じさせるほどである。それでもなお、人工内耳装用者の平均正答率はチャンスレベルを下回るものとなった。半音のピッチ変化は人工内耳の分解能よりも細かい上、メロディー内のピッチの上下動の遷移としては元のメロディーから変化していないことが、この結果につながったと思われる。以上を踏まえると、特に人工内耳装用者は、メロディーのピッチの半音単位の変化を認知することが難しく、メロディーの調性を認識することも困難である可能性が示唆される。

回答時間や再生回数に目を向けると、ピッチ変化条件のバリエーション2において、他の条件バリエーションとの間に有意差がみられた。また、使用機器別の各条件バリエーションでの回答時間、再生回数に有意差がみられなかった。ピッチ変化条件のバリエーション2ではこれらの値が大きいことからことから、人工内耳装用者のみならず、補聴器装用者においても、他の条件バリエーションと比べて難度が高く、差異を把握するのに時間を要したことが推測される。

## 総合

総じて、聴覚障害者がメロディーを認知する際、メロディーを構成する音符の時系列や、音高の上下動の遷移については、おおむね把握できていることが推測される。ただ、メロディー内の音高の半音程度の変化については認知することが難しく、人工内耳装用者でより顕著になると考えられる。

### 5.1.1 設問アンケートの回答内容

考察では文章の冗長化を防ぐため、設問アンケート項目「曲を知っているか」について、「楽曲の認知度」と記載する。

設問アンケートについては、実験参加者によって回答内容に偏りがみられた。分散分析の際に触れたように、曲の認知度とメロディーの聴き取りやすさについては、全ての設問で同じ回答をした参加者が存在する。

曲の認知度については、s11、s14、s17が全設問で最小値（まったく知らない）と回答していた。これらの参加者はいずれもほぼ毎日音楽を聴いているため、普段聴く音楽のアーティスト、ジャンルが本実験の選曲から外れていた可能性がある。あるいは、設問アンケート提示時に楽曲名を提示していなかったため、楽曲を聴いたことがあっても、提示されたメロディーが当該楽曲であると認識できていなかった事例も考えられる。

メロディーの聴き取りやすさについては、s06が全設問で最大値（聴き取りやすい）で回答していた。s06は総合正答率が9割を越えており、どの設問も比較的容易に聴き取ることができていたと思われる。

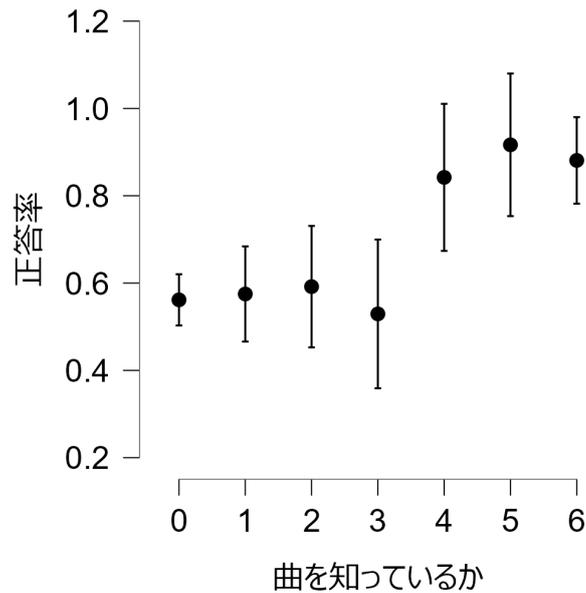


図 5.1: 設問アンケート「曲を知っているか」の回答と正答率

回答の自信度については、ピッチ変化条件とリズム変化条件の間で有意差がみられた。リズム変化条件の方が自信度が高くなっており、実際の正答率もリズム変化条件の方が高い。

また、3つの設問アンケート項目は設問が正答であるかどうかで有意差があった。設問アンケートの回答内容別の正答率を図示したものを、図 5.1~5.3 に示す。回答が好意的であるほど、正答率が高い傾向にある。

以上のことから、曲の認知度とメロディーの聴き取りやすさは参加者によって回答に偏りがあり、参加者間で正答率にも有意差があることから、正答であるかどうかによってこれらの回答内容に差が生じたものと考えられる。加えて、回答の自信度についてはメロディー変化条件間の難度の差が、参加者の回答に表れたものと思われる。

### 5.1.2 楽曲選定、作成した音声刺激の妥当性、影響

楽曲や設問によって、設問アンケートの聴き取りやすさに有意差はみられなかったことから、メロディーの音域設定はおおむね妥当だったと考えられる。

設問によって正答率に有意差があるとはいえなかった。ただ、設問の難易度は楽曲のメロディーそのものの知名度、難度及び、本研究で設定したメロディー変化条件、執筆者が作成した刺激の妥当性などの複数の要因から成り立っているおり、影響を正確に分析することは難しい。

楽曲ごとの平均正答率と、参加者の平均認知度を、表 5.1、5.2 に示す。認知度については、0-6 の7段階評価の平均値であることを留意する必要がある。ピッチ条件では、正答率に最大 25% の差異がみられる。

ピッチ条件で最も正答率の高い「サウダージ」(ポルノグラフィティ) と「残酷な天使のテーゼ」(高橋洋子) は、旋律的短音階が含まれていたり、音高の大きな跳躍が存在したりするなど、メロディーとして容易な楽曲ではないと感じられる。「残酷な天使のテーゼ」については、設問アンケートにおける認知度が全楽曲中で最も高く、聴き馴染みのあるメロディーからの変化を認識しやすかった可能性がある。「サウダージ」は参加者の認知度はそ

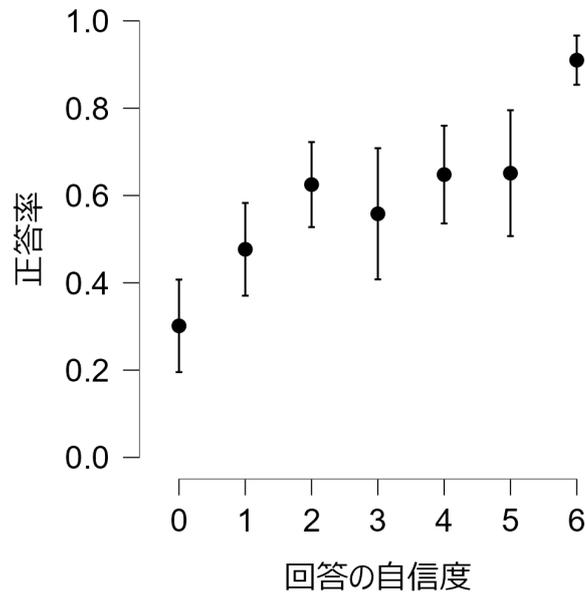


図 5.2: 設問アンケート「回答に自信があるか」の回答と正答率

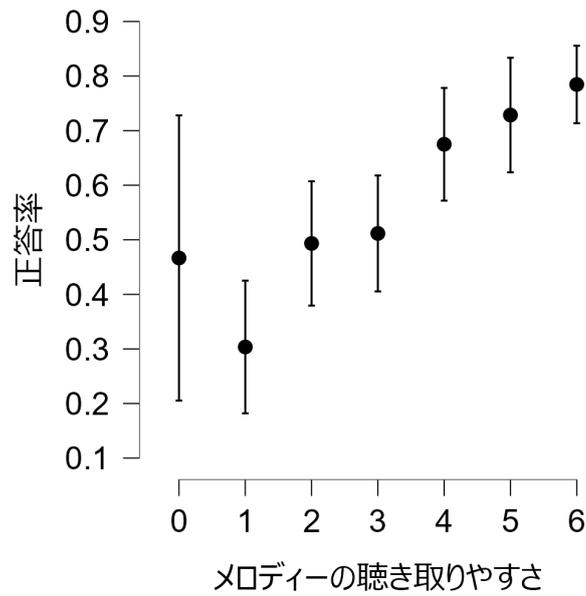


図 5.3: 設問アンケート「メロディーは聴き取りやすかったか」の回答と正答率

れほど高くなかった。条件バリエーション1の正答率が高めで、比較的变化が分かりやすい刺激になっていた可能性がある。

最も正答率の低い楽曲は「アイネクライネ」であった。この楽曲は参加者の認知度が、全楽曲で最も低かった。加えて、旋律のピッチの上下動が多く、抜粋したフレーズ内の音符数も多かったため、選択肢間のピッチ変化の差異を把握することが難しかったおそれがある。

以上のことから、統計的な有意差はみられなかったものの、少なくとも一部の楽曲や設問については、メロディー変化の認知難度に影響を与えたのではないと思われる。

表 5.1: 楽曲別の平均正答率

条件	楽曲名	Mean	Std. Deviation
ピッチ	サウダージ	0.656	0.483
ピッチ	チェリー	0.594	0.499
ピッチ	さよならエレジー	0.438	0.504
ピッチ	残酷な天使のテーゼ	0.656	0.483
ピッチ	アイネクライネ	0.406	0.499
ピッチ	キセキ	0.469	0.507
ピッチ	シャルル	0.531	0.507
ピッチ	糸	0.625	0.492
リズム	ハナミズキ	0.656	0.483
リズム	小さな恋のうた	0.688	0.471
リズム	3月9日	0.688	0.471
リズム	Story	0.688	0.471
リズム	奏	0.656	0.483
リズム	ひまわりの約束	0.656	0.483
リズム	世界が終るまでは…	0.719	0.457
リズム	愛を込めて花束を	0.625	0.492

## 5.2 実験参加者の特性

### 5.2.1 平均聴力レベル

全てのメロディー変化条件、条件バリエーションにおいて、平均聴力レベルと正答率には有意な負の相関がみられた。すなわち、平均聴力レベルが高いほど、すなわち聴覚障害が重度であるほど、実験の正答率が低くなる傾向になることを示している。この傾向は先行研究と同様であり、妥当な結果だといえる。

ただ、実験参加者の中には、聴力レベルに比して高い正答率を示す者もみられた。例えば s04 は平均聴力レベルが 100dB 以上の人工内耳装用者であるものの、ピッチ変化条件の正答率が 9 割以上である。s06 は総合的な正答率が 9 割以上で全参加者中最も高いのに対して、平均聴力レベルは補聴器装用者の中で比較的高い。両者は音楽を聴く頻度が高く、s06 は複数の音楽経験があるため、こうした行動が高い正答率につながった可能性が考えられる。

表 5.2: 楽曲別の平均認知度

条件	楽曲名	Mean	Std. Deviation	Minimum	Maximum
ピッチ	サウダージ	1.250	1.723	0.000	6.000
ピッチ	チェリー	1.750	2.342	0.000	6.000
ピッチ	さよならエレジー	0.969	1.805	0.000	6.000
ピッチ	残酷な天使のテーゼ	2.375	2.791	0.000	6.000
ピッチ	アイネクライネ	0.531	0.842	0.000	3.000
ピッチ	キセキ	1.281	1.764	0.000	6.000
ピッチ	シャルル	1.031	1.732	0.000	6.000
ピッチ	糸	1.344	1.961	0.000	6.000
リズム	ハナミズキ	1.781	2.239	0.000	6.000
リズム	小さな恋のうた	1.719	2.144	0.000	6.000
リズム	3月9日	0.813	1.061	0.000	3.000
リズム	Story	1.406	1.775	0.000	6.000
リズム	奏	1.094	1.532	0.000	6.000
リズム	ひまわりの約束	1.375	1.996	0.000	6.000
リズム	世界が終るまでは…	0.938	1.458	0.000	5.000
リズム	愛を込めて花束を	1.219	1.827	0.000	6.000

### 5.2.2 回答時間、再生回数

回答に要した時間や設問あたりの音声再生回数は、実験参加者によってまちまちであった。平均聴力レベルとの相関や、正答率や使用機器による有意差もみられなかった。参加者によってこれらが異なる理由を考察することは難しいが、音楽の聴き方、あるいは実験参加に対する意欲などが影響している可能性がある。

回答時間と再生回数には有意な正の相関がみられたため、一度音声を聴いて深く考えるというよりは、設問や選択肢の音声を繰り返し再生しながら比較するような取り組み方をしていたと思われる。詳細な分析を行っていないものの、再生回数の多い参加者のログデータを確認すると、選択肢の音声を2~3回再生した後に、設問（正解）の音声を再生することを繰り返しているケースが頻繁にみられた。

### 5.2.3 音楽習慣、経験

事前アンケートの「音楽は好きか」という設問への回答と、正答率に有意な関係性はみられなかった。音楽に関心がない、あるいは音楽が嫌いな聴覚障害者はそもそも本実験に参加しないと思われるため、この結果は妥当と考えられる。

事前アンケートの「音楽を聴く頻度」と正答率については、リズム変化条件のバリエーション1において、有意差がみられた。リズム変化条件のバリエーション1は、16分音符や32分音符といった、比較的小さい単位で音価が変化する条件である。音楽を普段よく聴くことが、メロディー内の音符の時系列の変化を認知する能力の向上に役立つ可能性がある。

他の条件バリエーションにおいても、ピッチ変化条件のバリエーション2以外は、週3日以下とそれ以上では、後者の正答率が高めであるように見受けられる。今回のアンケートでの本設問の回答方法が全5段階と比較的少なかったことや、どのくらいの時間や曲数を

聴けば音楽を聴いたことになるかどうか曖昧であったことなど、アンケート手法には改善の余地が複数点存在する。先行研究も踏まえると、今回有意差が出たリズム変化条件のバリエーション1以外でも、音楽聴取頻度が正答率に影響を与えていた可能性はある。

楽器やダンスなどの音楽経験との関係性については、人工内耳装用者の実験参加者にこれらの経験のある者がいなかったため、本研究で考察を行うことは難しい。

## 第6章 まとめ

### 6.1 結論

聴覚障害者のメロディー認知に影響を与える要素を調べるため、ポピュラー音楽のメロディーの一節をピアノで演奏した音声刺激を作成し、ピッチ、リズムを一部変化させた選択肢の中から、正解と同一のメロディーを選ぶ実験を実施した。本研究で設定した条件下では、実験参加者はリズム変化条件の方が回答に自信がある傾向にあり、実際の正答率もリズム変化条件の方が高かった。ピッチ変化条件の中では、メロディーの経過音や刺繍音を変化させた条件では正答率が高めで、メロディーの一部の音高が半音上下する条件では正答率が低かった。後者は回答にかかる時間や、設問と選択肢の音声を再生した回数も多く、実験参加者にとって難度の高い条件となっていたことが示唆された。特に、人工内耳装用者は、平均正答率がチャンスレベルを下回った。

以上のことから、聴覚障害者は、比較的短いメロディーに含まれる音符の時系列や、音高の上行、維持、下行といった旋律の概形を把握し、その差異を認知することが可能であると考えられる。ただし、その能力には個人差があるほか、ピッチの上下動が変わらない半音単位の変化については、把握が困難あるいは不可能であるおそれがある。

また、音楽を普段から頻繁に鑑賞することが、メロディー内のリズムの細かな差異を認知する能力の向上につながることを示唆された。

### 6.2 今後の展望

本研究では、比較対象となる健聴者への実験を行っていない。設問は健聴者がほぼ全問正解できる難度であると予想しているが、実際に実験を行って検証する必要がある。現在、実験実施に向けて準備を進めている。

ポピュラー音楽のメロディーの一部要素を変化させる手続きには、選曲、変化させる箇所決定、変化量など、刺激作成者の主観的な判断が多分に含まれる。実験を継続し、結果の客観性を高めるためには、それぞれのメロディー変化条件において、より厳密な規則を定める必要性を感じる。

設問別アンケートのうち、メロディーの聴き取りやすさについては、音域と音色を統一したため、同一参加者ではほぼ同じ回答になってしまい、適切な質問ではなかったと思われる。代替案としては、メロディーの調性を認知できているか調べるために「メロディーが明るい、あるいは暗いと感じたか」を問う、設問の主観難易度を回答してもらうといったものが考えられる。また、設問アンケートを提示する際には、楽曲名やアーティスト名を提示することで、その楽曲は既知であるものの、提示された音声刺激を聴いた段階では認知できなかったケースを把握できる可能性がある。

実験参加者の音楽経験や、音楽的嗜好についてより詳細な調査をすることで、新たな知見を得られる可能性がある。音楽を聴く頻度だけでなく、好みの音楽ジャンルや、音楽鑑賞

に付随する行動（体でリズムを取る、ミュージックビデオを鑑賞するなど）などの調査が考えられる。

人工内耳装用者のメロディー内のピッチの認知について、ピッチの上下動であれば人工内耳の分解能より小さい変化でも把握できる可能性が示唆された。これは興味深い結果だが、人工内耳装用者の参加者は4名と少ない。実験参加者を増やすことで、より詳細な分析を行いたい。

本研究の目的は、聴覚障害者がメロディーの概形を把握し、その変化を認知する能力を調べることにある。本実験では変化後のメロディーは元のメロディーと同じ調、BPMであったが、こうした要素がまちまちであっても、メロディーの概形は同一である。したがって、移調したりテンポを変更したりした選択肢の中から、正解と同じものを選択する実験を実施することで、本研究の考察をより高度なものにできると思われる。

## 謝辞

本論文の執筆にあたってお世話になった皆様に、感謝申し上げます。

研究指導教員の寺澤洋子先生、副研究指導教員の平賀譲先生には、研究、学生生活の双方において多くのご指導ご鞭撻を賜りました。

共同研究を行った筑波技術大学の平賀瑠美先生、安啓一先生、筑波大学医学医療系の田淵経司先生には、研究の方向性や実験の進め方などにおいて、様々な助言を賜りました。

研究室のOBであるくみなす株式会社の若狭健太さんには、実験のプログラミングをしていただき、早期に実験を行うことができました。また、被験者の募集、実験参加など、筑波技術大学の学生のみなさまのご協力によって研究を進めることができました。

情報学学位プログラムおよび、情報メディア創成学類で知り合った仲間とは、互いに刺激を受けながら、充実した学生生活を送ることができました。特に、人と音の情報学研究室に所属していた3年間を共に過ごした皆さんとは、研究の意見交換を行うだけでなく、音楽に情熱を注ぐ同好の士として交流できたことを幸せに思います。

最後に、遠方より大学生活、大学院生活を支え、見守っていただいた家族に深く感謝します。

## 参考文献

- [1] 文部科学省. (2) 聴覚障害：文部科学省. [https://www.mext.go.jp/a\\_menu/shotou/tokubetu/mext.\\_00802.html](https://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/tokubetu/mext._00802.html) Accessed December 20, 2021.
- [2] 厚生労働省社会・援護局障害保健福祉部. 平成 28 年生活のしづらさなどに関する調査（全国在宅障害児・者等実態調査）結果. [https://www.mhlw.go.jp/toukei/list/seikatsu\\_chousa\\_h28.html](https://www.mhlw.go.jp/toukei/list/seikatsu_chousa_h28.html) Accessed December 20, 2021.
- [3] 一般社団法人 日本聴覚医学会. 253. 平均聴力レベル | 日本聴覚医学会. <https://audiology-japan.jp/c/253/> Accessed December 20, 2021.
- [4] Bolajoko O Olusanya, Adrian C Davis, Howard J Hoffmann. "Hearing loss grades and the International classification of functioning, disability and health", *Bull World Health Organ*, 2019, 97:725–728. doi:<http://dx.doi.org/10.2471/BLT.19.230367>.
- [5] 太田岳、任書晃、日比野浩, "人工内耳の現状と展望", *精密工学会誌* Vol.83, 2017, 992-995.
- [6] Jeremy Marozeau. "Why People with a Cochlear Implant Listen to Music". *Proc. of the 14th International Symposium on CMMR*. 2019 Oct, 269-275.
- [7] Catherine M. Sucher, Hugh J. McDermott, "Pitch ranking of complex tones by normally hearing subjects and cochlear implant users", *Hearing Research*, 2007, Volume 230, Issues 1–2, 80-87.
- [8] 一般社団法人 日本耳鼻咽喉科頭頸部外科学会. 人工内耳について. <http://www.jibika.or.jp/citizens/hochouki/naiji.html>
- [9] Wilson, Blake S., and Michael F. Dorman, "Cochlear implants: a remarkable past and a brilliant future", *Hearing research*, 242.1-2 (2008): 3-21.
- [10] Greasley, Alinka, Harriet Crook, and Robert Fulford, "Music listening and hearing aids: perspectives from audiologists and their patients", *International Journal of Audiology*, 59.9 (2020): 694-706.
- [11] Torppa, Ritva, and Minna Huotilainen, "Why and how music can be used to rehabilitate and develop speech and language skills in hearing-impaired children", *Hearing research*, 380 (2019): 108-122.
- [12] 緒方啓一, 吉野公喜, "聴覚障害者のメロディの知覚-ショートピッチシークエンスの弁別 実験-", *特殊教育学研究*, 1999, Vol. 37, No. 3, pp. 43–51.
- [13] Galvin III, John J., Qian-Jie Fu, and Geraldine Nogaki, "Melodic contour identification by cochlear implant listeners", *Ear and hearing*, 28.3 (2007): 302.

- [14] 大金 さや香, 城間 将江, 小渕千絵, "人工内耳装用者と補聴器装用者の音楽知覚の比較検討", *AUDIOLOGY JAPAN*, 2015, 58 巻-1, pp60-68.
- [15] 寺澤洋子, 相馬翔太, 安敬一, 平賀瑠美, "聴覚障害者の調性認知に関する検討", *研究報告アクセシビリティ*, 2020, 2020-AAC-12:1-6.
- [16] 林田真志, "聴覚障害者のリズム再生能力に関する検討", *音声言語医学*, 2015, 56( 3): 226-235.
- [17] Kong YY, Cruz R, Jones JA, Zeng FG, "Music perception with temporal cues in acoustic and electric hearing", *Ear Hear*, 2004 Apr, 25(2):173-85.
- [18] 狩野直哉, "タッピングゲームと Beat Alignment Test を用いた聴覚障害者の音楽リズム認知に関する研究", 筑波大学修士論文, 2017.
- [19] Looi, Valerie, et al, "Music perception of cochlear implant users compared with that of hearing aid users", *Ear and hearing*, 29.3 (2008): 421-434.
- [20] 池内友次郎、島岡譲ほか, "和声 理論と実習 III", 音楽之友社, 1966, 109-124. ( ISBN 9784276102071)
- [21] DAM CHANNEL. カラオケランキング (DAM・総合・年間) . <https://www.clubdam.com/app/dam/ranking/total-year.html> Accessed December 20, 2021.
- [22] 菅田将暉 (2015) 「さよならエレジー」 『PLAY』 Epic Records Japan, ESCL-5041.
- [23] レミオロメン (2004) 「3月9日」 『ether [エーテル]』 SPEEDSTAR RECORDS, AVCO-36020.
- [24] Native Instruments. キーボード：The Grandeur | Komplete. <https://www.native-instruments.com/jp/products/komplete/keys/the-grandeur/> Accessed December 20, 2021.
- [25] PreSonus. Studio One | PreSonus. <https://www.presonus.com/products/studio-one/> Accessed December 20, 2021.

## 付 録 A 実験参加同意書

実験参加同意書を以下の図 A.1 に示す。

## 同意書

筑波技術大学 産業技術学部産業情報学科  
教授 平賀瑠美 殿

私は、研究課題名「聴覚障害者の音楽認知に関する実験」に関し、研究の目的、研究の内容・方法、プライバシーの保護、身体面、精神面等への配慮、不利益及び危険性に対する配慮、同意しない自由の保障等について説明文書に基づき十分な説明を受け、その内容を十分に理解し納得しましたので、私の自由意志により本研究の研究対象者となることに同意します。

ただし説明にもあった通り、この同意は一切の不利益を受けることなくいつでも撤回できるものであることを確認します。

令和\_\_\_\_\_年\_\_\_\_\_月\_\_\_\_\_日

研究対象者署名 \_\_\_\_\_  
又は記名・押印

「聴覚障害者の音楽認知に関する実験」の研究について、書面及び口頭により説明を行い、上記の通り同意を得ました。

説明年月日 令和\_\_\_\_\_年\_\_\_\_\_月\_\_\_\_\_日

説明者 所属・職名 \_\_\_\_\_ 筑波技術大学産業技術学部・教授 \_\_\_\_\_

氏名 \_\_\_\_\_

図 A.1: 実験参加同意書

## 付 録 B 実験プログラムの実行画面

実験プログラムの実行画面例を、以下の図 B.1、B.2 に示す。



選択



選択



選択

図 B.1: 実験の音声刺激提示、選択画面

### アンケート



この曲を聞いたことはありますか？

Progress bar for "この曲を聞いたことはありますか？" with a slider set to approximately 40%. Labels: まったく知らない (left), よく知っている (right).

回答には自信がありますか？

Progress bar for "回答には自信がありますか？" with a slider set to approximately 40%. Labels: 自信がある (left), 自信がない (right).

メロディーは聞き取りやすかったですか？

Progress bar for "メロディーは聞き取りやすかったですか？" with a slider set to approximately 40%. Labels: 聞き取りにくい (left), 聞き取りやすい (right).

この内容で回答する

図 B.2: 実験の設問アンケート択画面

## 付 録 C 事前、事後アンケート

事前、事後アンケートで使用した Google フォームを、以下の表 C.1~C.9 に示す。なお、事前アンケートは同時期に実施された楽器音の識別実験と共通のものを使用しているため、本研究で用いていない項目が存在する。

## Music Memory 実験 参加者アンケート

音楽認知に関する研究の実験にご参加いただき、ありがとうございます。こちらのアンケートへのご協力もよろしくお願いいたします。

アンケートの回答内容は厳重に管理し、研究目的以外に利用することはありません。

回答いただく項目は

- ・実験についての質問
- ・年齢、性別、聴力などについての質問
- ・音楽的な経験についての質問
- ・楽器についての質問

に分かれています。

**\*必須**

1. ユーザーID \*

---

年齢、性別、聴力などについての質問

2. 性別 \*

1つだけマークしてください。

- 男性
- 女性
- その他

3. 年齢 \*

---

4. 聴覚障害と診断された年齢 \*

---

図 C.1: 事前アンケートフォーム

5. 聴力レベル（左） \*

---

6. 聴力レベル（右） \*

---

7. 聴力レベルの計測時期 \*

---

8. 使用している補聴機器（左耳） \*

1つだけマークしてください。

- 補聴器  
 人工内耳  
 なし

9. 使用している補聴機器（右耳） \*

1つだけマークしてください。

- 補聴器  
 人工内耳  
 なし

10. 補聴器・人工内耳のメーカー、製品名（わかる範囲でお答えください）

---

図 C.2: 事前アンケートフォーム

## 11. 補聴器具の使用頻度 \*

1つだけマークしてください。

- 毎日つける(週6日以上)
- たまにつける(週4~5日)
- あまりつけない(週2~3日)
- 全然つけない(週1日以下)

## 12. 1日あたりの補聴器具の装用時間 \*

---

## 13. 失聴の種類 \*

1つだけマークしてください。

- 伝音性難聴
- 感音性難聴
- 混合性難聴

## 音楽的な経験についての質問

## 14. 音楽は好きですか? \*

1つだけマークしてください。

- とても好き
- 好き
- どちらでもない
- 嫌い
- とても嫌い

図 C.3: 事前アンケートフォーム

## 15. 普段音楽を聴く頻度 \*

1つだけマークしてください。

- 全く聴かない
- 月に2~3回
- 週に1回
- 週に2~3回
- 週に4~5回
- ほぼ毎日

## 16. 学校の授業以外で音楽に関する活動（楽器、歌唱、ダンス、手話歌など）をしていましたか？していた場合は、その内容と年数をお答えください。（例：ダンスサークルでダンスを3年、ピアノレッスンを6年、特になし） \*

---

## 17. 普段音楽を聴く際は、どのような要素に注目して聴きますか？例：歌詞、メロディ、雰囲気 \*

---

---

---

---

---

楽器に関する質問

図 C.4: 事前アンケートフォーム

18. 以下の楽器の中で聞いたことのある楽器を全て選択してください。\*

当てはまるものをすべて選択してください。

- フルート
- テナーリコーダー
- クラリネット
- アルトサククス
- ファゴット
- オーボエ
- トランペット
- トロンボーン
- マリンバ
- ビブラフォン
- ハープ
- クラシックギター
- 電子オルガン
- グランドピアノ

19. 以下の楽器の中で演奏したことのある楽器を全て選択してください。

当てはまるものをすべて選択してください。

- フルート
- テナーリコーダー
- クラリネット
- アルトサククス
- ファゴット
- オーボエ
- トランペット
- トロンボーン
- マリンバ
- ビブラフォン
- ハープ
- クラシックギター
- 電子オルガン
- グランドピアノ

図 C.5: 事前アンケートフォーム

20. 好きな楽器がありましたら記述してください。

---

---

---

---

---

21. 実験やアンケートに対する意見など、何かあれば自由に記述してください。

---

---

---

---

---

アンケートは以上です。  
ご協力ありがとうございました。

---

このコンテンツは Google が作成または承認したものではありません。

Google フォーム

図 C.6: 事前アンケートフォーム

## Music Memory 実験 参加者アンケート

音楽認知に関する研究の実験にご参加いただき、ありがとうございました。こちらのアンケートへのご協力もよろしくお願いいたします。

アンケートの回答内容は厳重に管理し、研究目的以外に利用することはありません。

回答いただく項目は

- ・実験環境についての質問
- ・実験についての質問

に分かれています。

**\*必須**

1. ユーザーIDを記入してください(userID) \*

---

実験環境についての質問

2. 実験を行った場所 \*

1つだけマークしてください。

- 自室
- 大学の研究室
- 屋外の公園

3. 本日の体調 \*

1つだけマークしてください。

- 非常に良い
- 少し良い
- 普通
- 少し悪い
- 非常に悪い

図 C.7: 事後アンケートフォーム

## 4. 聞こえの度合い \*

1つだけマークしてください。

- 非常に良い
- 少し良い
- 普通
- 少し悪い
- 非常に悪い

## 5. 音を聞くために使用した機器をお答えください \*

1つだけマークしてください。

- イヤホン
- ヘッドホン
- 端末の内蔵スピーカー
- 外部のスピーカー
- 補聴器などの外部入力

## 実験に関する質問

## 6. 音楽のメロディーを聴くとき、着目しているもの（複数選択可能） \*

当てはまるものをすべて選択してください。

- リズム
- 音の高さの変化
- 歌詞
- 音色

その他:  \_\_\_\_\_

図 C.8: 事後アンケートフォーム

7. Section1と2ではどちらが難しかったか\*

1つだけマークしてください。

Section1

Section2

8. メロディー識別テストに関する感想や意見を自由に

---

---

---

---

---

---

このコンテンツは Google が作成または承認したものではありません。

Google フォーム

図 C.9: 事後アンケートフォーム